

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

Využití solární energie pro ohřev vody  
Solar Energy Utilization for Water Heating

Student:

Karel Goch

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Mojmír Vrtek, PhD

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

## Zadání bakalářské práce

Student: **Karel Goch**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí  
Téma: **Využití solární energie pro ohřev vody**  
**Solar Energy Utilization for Water Heating**

Zásady pro vypracování:

Navrhnete solární systém pro přípravu teplé vody v rodinném domě obývaném celoročně 6 osobami s využitím přímého slunečního záření.

Práce bude obsahovat:

1. Popis způsobů využívání solární energie v konečné transformaci na teplo v ČR a perspektivy využívání tohoto obnovitelného zdroje.
2. Návrh systému, způsobu jeho provozování, dispoziční řešení.
3. Stanovení měsíčních a ročních zisků.
4. Vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska.
5. Grafickou část - schéma zapojení

Seznam doporučené odborné literatury:


KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80-7078-445-8.  
CIHELKA, J. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.  
TURNER, W. C. *Energy Management Handbook*. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 400 s. ISBN 0-13-728098-X.  
HALAHYJA, M.; VALÁŠEK, J. a kol. *Solárna energia a jej využitie*. Bratislava: ALFA, 1983. 304 s.  
MATUŠKA, T. *Solární tepelné soustavy*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2009. 194 s. ISBN 978-80-02-02186-5.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

  
prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

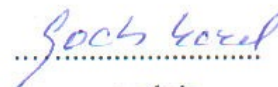
V Ostravě ..... 21. 5. 2012 .....

.....  
Karol Goch  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen, s tím, že na mojí bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst.3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2012

  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Karel Goch

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bavlnářská 2527, Frýdek-Místek

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

GOCH, K. Využití solární energie pro ohřev vody : bakalářská práce. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2012, 52s. Vedoucí práce: Vrtek, M.

Bakalářská práce je zaměřena na běžný návrh solární soustavy pro rodinný dům, k přípravě teplé vody. Úvodem je zaměřena kromě samotného ohřevu vody také na jiné přednosti plynoucí z možnosti využívání energie ze Slunce. Po základním seznámením využíváním tohoto obnovitelného zdroje, je již detailněji zacíleno na problematiku využití v domě. Ta hlavně tkví ve své zeměpisné poloze a klimatických podmínkách, od kterých se odvíjí energetické zisky, a charakteristických požadavků rodinného domu. Dále je zaměřena na technické požadavky spojené provozem a předběžné ekonomické a enviromentální hodnocení spojené s provozováním systému až do své životnosti.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

GOCH, K. Solar Energy Utilization for Water Heating : Bachelor Thesis. Ostrava : VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of energetics, 2012, 52 p. Thesis head: Vrtek, M.

The bachelor thesis is focused on the common design of solar systems for single-family house, the preparation of hot water. First, it focuses very hot water in addition to other advantages also from the possibility of using energy from the sun. After familiarizing the basic use of this renewable resource has been targeted more detail on the issue of use in the house. It lies mainly in its geographical location and climatic conditions, which have influence on energy gains, and the characteristic requirements of the house also is focused on the technical requirements related to operation and preliminary economic and environmental assessment associated with the operation of the system until his life.

## Obsah

	strana
Seznam použitých značek a symbolů .....	8
0 Úvod .....	12
1 Využití sluneční energie k získávání tepla .....	13
1.1 Úvod .....	13
1.2 Aktivní využití solární energie pro teplo .....	14
1.2.1 Solární kolektory .....	14
1.2.2 Solární systémy .....	18
1.3 Pasivní využití solární energie pro teplo.....	19
2 Navrhnutí a provoz solárního systému pro rodinný dům .....	21
2.1 Základní podmínky pro návrh .....	21
2.2 Návrh a způsob provozování systému .....	24
2.2.1 Nápor na kolektory a výpočet únosnosti střechy .....	25
2.2.2 Nápor na kotevní háky kolektorů .....	26
3 Stanovení celoročního provozu pomocí výpočtu .....	27
3.1 Spotřeba solární energie pro přípravu teplé vody .....	27
3.2 Stanovení množství sluneční energie v lokalitě města Ostravy .....	29
3.3 Volba solárního kolektoru a jeho energetické zisky .....	30
3.4 Výsledná energetická bilance solárních kolektorů .....	32
4 Technické vyhodnocení provozu .....	34
4.1 Stanovení délky teplotnosného vedení .....	34
4.2 Výběr magnéziové nebo elektronické anody .....	38
4.3 Velikost expanzní nádrže .....	38
4.4 Zvolení počtu kotevních háků .....	38
4.5 Přehledný výpis prvků k montáži solární soustavy .....	38
4.6 Životnost hlavních částí solárního systému .....	39
5 Ekonomické vyhodnocení provozu .....	39
5.1 Úspora paliva a služeb při provozu solární soustavy .....	40
5.2 Výpočet ročních provozních a investičních nákladů .....	42
5.3 Investiční náklady za pořízení solární soustavy .....	45
5.4 Dotace od státu na podporu obnovitelných zdrojů pro ohřev teplé vody .....	45
5.5 Doba návratnosti vložených investic solárními kolektory .....	45

## Obsah

	strana
6 Enviromentální vyhodnocení provozu .....	47
6.1 Výpočet ročního uspořeného množství emisí během provozu solární soustavy .....	47
6.2 Výpočet ročního navýšeného množství emisí oběhovým čerpadlem ve veřejné síti .....	48
6.3 Nakládání s odpady po skončení životností prvků solární soustavy .....	48
7 Závěr .....	49
8 Seznam použité literatury .....	50
9 Seznam příloh .....	51

Použité zkratky

BD	bytový dům
BV	bazénová voda
CO	oxid uhličitý
CV	centrální vytápění
CZT	centrální zásobování tepla
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
DPH	daň z přidané hodnoty
EU	Evropská unie
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
OZE	obnovitelné zdroje energie
RD	rodinný dům
SiO <sub>2</sub>	oxid křemičitý
SO <sub>2</sub>	oxid siřičitý
SV	studená voda
TiNO <sub>x</sub>	nitrid a oxidy titanu
TV	teplá voda
TZL	tuhé znečišťující látky
ÚV	ústřední vytápění
VYT	vytápění
ŽP	životní prostředí

Pozn.: poznámka

Před.: předpoklad

Použité symboly, značky, indexy

A	redukovaná teplota	[K · m <sup>2</sup> · W <sup>-1</sup> ]
C	cena	[Kč]
C <sub>1</sub>	cena konkrétní věci (u palet)	[Kč]
D	daně	[Kč]
DPH	daň z přidané hodnoty	[1], [%]
E	emise	[kg], [kg · t <sup>-1</sup> ]



F	zatěžující síla	[N]
I	intenzita, denní ozáření	[W · m <sup>-2</sup> ]
L	délka rozvodu	[m]
L	vzdálenost	[m]
M	hmotnost	[Kg]
N	nedostatek energie	[Wh]
N	náklady	[Kč]
S	plocha	[m <sup>2</sup> ]
SP	spotřeba	[Wh]
P	přebytek energie	[Wh]
PN	prostá návratnost	[rok], [měsíc]
Ṡ	spotřeba	[l · d <sup>-1</sup> · osoba <sup>-1</sup> ]
V	objem	[m <sup>3</sup> ], [l]
Q'	energie	[J]
Q	energie	[Wh]
Q <sub>i</sub>	výhřevnost paliva	[MJ · kg <sup>-1</sup> ]
a <sub>1</sub>	ztrátový koeficient	[W · m <sup>-2</sup> · K <sup>-1</sup> ]
a <sub>2</sub>	ztrátový koeficient	[W · m <sup>-2</sup> · K <sup>-2</sup> ]
b	šířka	[m]
c	měrná tepelná kapacita	[J · kg <sup>-1</sup> · K <sup>-1</sup> ]
f	faktor pokrytí	[1], [%]
g	tíhové zrychlení	[m · s <sup>-2</sup> ]
h	výška	[m]
l	délka	[m]
d	průměr	[m]
m	hmotnost	[kg]
m <sub>10kg</sub>	hmotnost konkrétní 10 kilové věci	[kg]
n	počet	[1]
n <sub>1</sub>	počet jedné konkrétní věci	[1]
p	zatěžující tlak	[N · m <sup>-2</sup> ]
t	teplota	[°C]
v	využitelnost	[1], [%]
z	paušální přírážka, ztráty	[1]

indexy

C	celkový
CO	oxid uhličitý
H <sub>2</sub> O	voda
K	kolektor
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
OČ	oběhové čerpadlo
OL	organické látky
OTE	operátor trhu z elektřinou (elektřina)
PVE	podpora výkupu elektřiny (elektřina)
S	sluneční
SK	skutečný
SK – P	bez přebytková energie
SS	systémové služby (elektřina)
SO <sub>2</sub>	oxid siřičitý
Třinec-Ostrava	trasa mezi dvěma městy
TV	teplá voda
TV6	teplá voda pro 6 osob
TZL	tuhé znečišťující látky
VT	vysoký tarif (elektřina)
a	apertura
brikety	briketa
celk.	celkový, celkem
d	distribuce elektřiny
den, dní	den, dny
dh	dolní had v zásobníku (potrubí)
doprava	doprava paliva vozidlem
dřevo	dřevo (souhrnně pro brikety i buk, dub)
duben	měsíc duben
e	externí
elektřina(y)	elektřina
f	faktor

hh	horní had v zásobníku (potrubí)	
i	interní	
k	konstrukce střechy	
kolektoru, kol.	kolektor	
leden	měsíc leden	
m	měrný	
max	maximální	
měsíc	měsíc	
montáž	montáž částí solární soustavy	
o	ostatní	
pal.	palivo	
paleta(y), palet	paleta, bedna s dřevní hmotou	
plochy	plocha	
potrubí	potrubí teplonosné látky	
provoz	provoz oběhového čerpadla	
rel	relativní	
revize	revize solární soustavy	
rok	rok, roční	
s, sněhu	sníh (slehlý nebo čerstvý)	
solar	solární soustava	
střechy	střecha obytného domu	
teor	teoretický	
trubky	trubka	
v	vítr	
výměna	výměna části solární soustavy	
z	znečišťující látka	
zb	zbytek (u palivového dřeva)	
$\eta$	účinnost	[1], [%]
$\eta_o$	konverzní faktor	[1]
$\pi$	konstanta, ludolfovo číslo	[1]
$\rho$	hustota	[kg · m <sup>-3</sup> ]
$\tau$	doba slunečního svitu, čas	[1], [h]

## Úvod

Rostoucí ceny elektřiny a tepla a všeobecně „energií“, v důsledku: zvyšování počtu obyvatel na Zemi, zejména v rozvojových zemích, tenčení známých ložisek surovin se současnými technologiemi, které je dokáží vyzvednout, snahy Evropské unie (EU) se energeticky osamostatnit a zajistit pro své euroobčany elektřinu a teplo po další generaci, tlaků jednotlivých ekologických organizací a hnutí vymanit ze společnosti fosilní a jaderná paliva, která podle nich škodí, zaplavování informací z hromadně sdělovacích prostředků o mýtech a faktech. To vše a jiné příčiny a důsledky spolu nesmírně souvisí a neustále se točí kolem energetiky.

A jak to ovlivňuje nás? Každého nějak. Musíme si ovšem přiznat jednu skutečnost. Každý z nás jsme si nesmírně vědomi, že bez této energie se prostě neobejdeme. Zvykli jsme si na ni. Zjistili jsme co všechno nám nabízí. Víme jak ji využívat a k jakým účelům nám slouží její vlastnosti. A nejenom, že poskytuje příjemný subjektivní pocit tepla domova, ale také kdykoliv máme dojem, že je třeba si posvítit, uděláme tak bez rozmyslu. Je to jakási tolerovaná společenská droga nebo přesněji je brána jako samozřejmost, ze které chceme mít všichni užitek.

Tento užitek si dokážeme spočítat od vyzvednutí po konečnou fázi naší spotřeby. A když se zvedne cena? Co uděláme jako koneční uživatelé? Snažíme se ušetřit, kde se jen dá, ovšem do míry naší nutné potřeby. Když už dojdeme na dno a finance stále narůstají, snažíme se najít, pokud to jde, jiný nezávislý zdroj, při kterém by jsme se osamostatnili a byli nezávislí na dodávkách, ale hlavně ušetřili. A zde se nám nabízí také jeden z dalších obnovitelných zdrojů energií (OZE), a tím je solární energie, tedy energie ze Slunce, které můžeme využít pomocí solárních zařízení k výrobě elektřiny, tepla nebo chladu. A jaké výhody a nevýhody dociluje?

## 1. Využití sluneční energie k získávání tepla

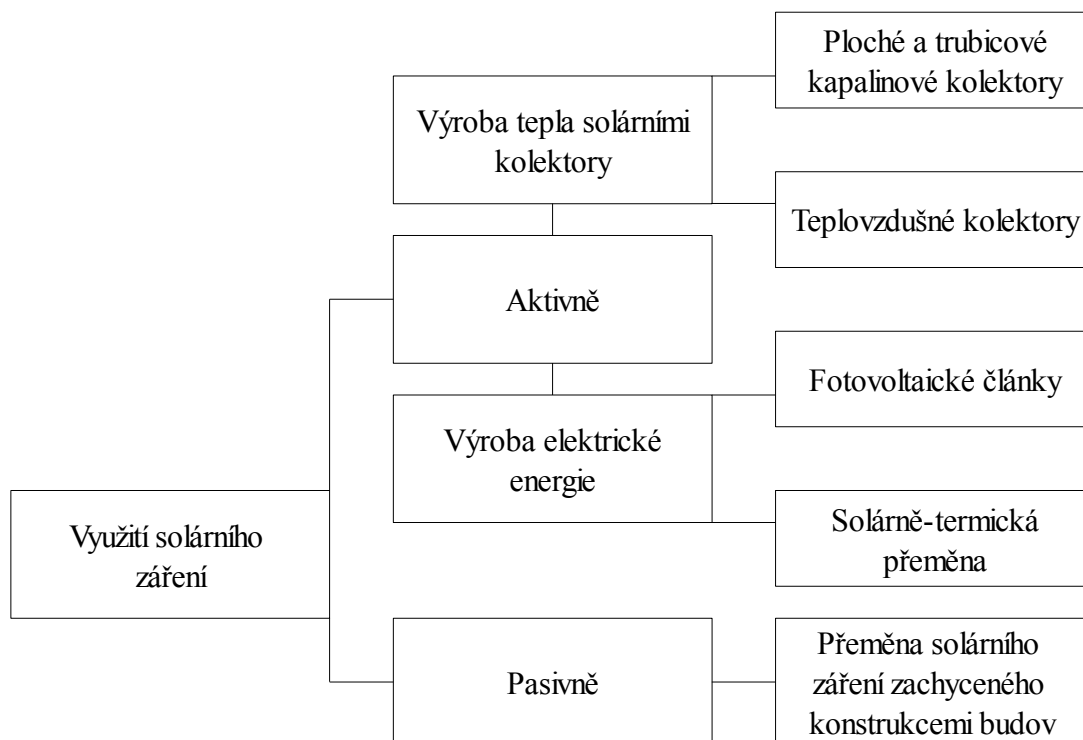
### 1.1 Úvod

Co je tak zajímavého na energii ze Slunce? Slunce je obrovským zdrojem energie, kterou dodává Zemi po více než 4,6 mld. let [12, 17] a to zadarmo a je nezbytnou podmínkou všeho živého. Tím, že je velkým zdrojem energie dokládá fakt, že jeho tok zářivé energie dopadá na zemskou atmosféru zhruba okolo 175 PW [4] z celkového toku energie  $380 \cdot 10^6$  EW [4]. Pro představu, pokud bychom byli schopni tuto energii využívat na Zemi k výrobě tepla nebo elektřiny, nejenom že by nebylo třeba využívat jiné energetické zdroje, ale také jsme si dokázali vystačit z této energií po mnoho tisíce generací. Na druhou stranu takové dávky by zničily veškerý život a snad by ani nikdy nemohl vzniknout. Skutečnost je ovšem jiná a to taková, že na samotný zemský povrch spadne necelá polovina z 175 PW asi 45 %. Větší část 35 %, odchází zpět odrazem v atmosféře do kosmu a takových 20 % využije vítr k proudění a voda ke koloběhu. Jen pouhý zlomek také spotřebuje zemská fauna a flóra. Na rozhraní zemské atmosféry a vesmíru je intenzita slunečního záření rovna  $1\,367\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  [1]. Toto záření nazýváme sluneční konstantou.

Na samotný povrch dopadá část tohoto toku měrné energie. Tomuto záření říkáme přímé sluneční. Přímé sluneční záření je malou částí sluneční konstanty a tento výsledek závisí na výšce Slunce nad obzorem a jeho poloze na nebi, které se během dne a ročního období mění, a na tzv. zakalením atmosféry. Zakalení je jakousi mírou znečištění oblohy. Čísluje se zhruba od 2 do 8, kde menší číslo vypovídá o čiré obloze. Většinou to jsou vysoké nadmořské výšky. Vyšší čísla patří městům a průmyslovým oblastem.

Mimo přímé záření tu jsou ještě difúzní a odražené a vždy mají malou hodnotu, v případě odraženého i zanedbatelnou (v přirozeném prostředí). Obě však vycházejí z přímého záření. Difúzní se při průchodu atmosférou lomí na částechkách  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  atd., díky tomuto záření „svítí“ obloha, a odražené se zase lomí na vodních plochách nebo odrazivých materiálech na zemi. Za zmínku stojí i to, že některé kolektory dokáží zpracovávat i difúzní. Tyto druhy záření jsou právě důležité pro práci kolektorů.

Obrázek č. 1.1 níže znázorňuje základní přehled využití solární energie včetně zařízení nebo konstrukcí, určené k jeho konečné přeměně. Ty budou podrobně popsány v následujících podkapitolách s výjimkou solárních panelů k výrobě elektrické energie, ke které se tato práce nevztahuje, stejně jako výroba chladu solárními kolektory.



Obrázek č. 1.1: Schéma rozdělení možností využití solární energie [1]

## 1.2 Aktivní využití solární energie pro teplo

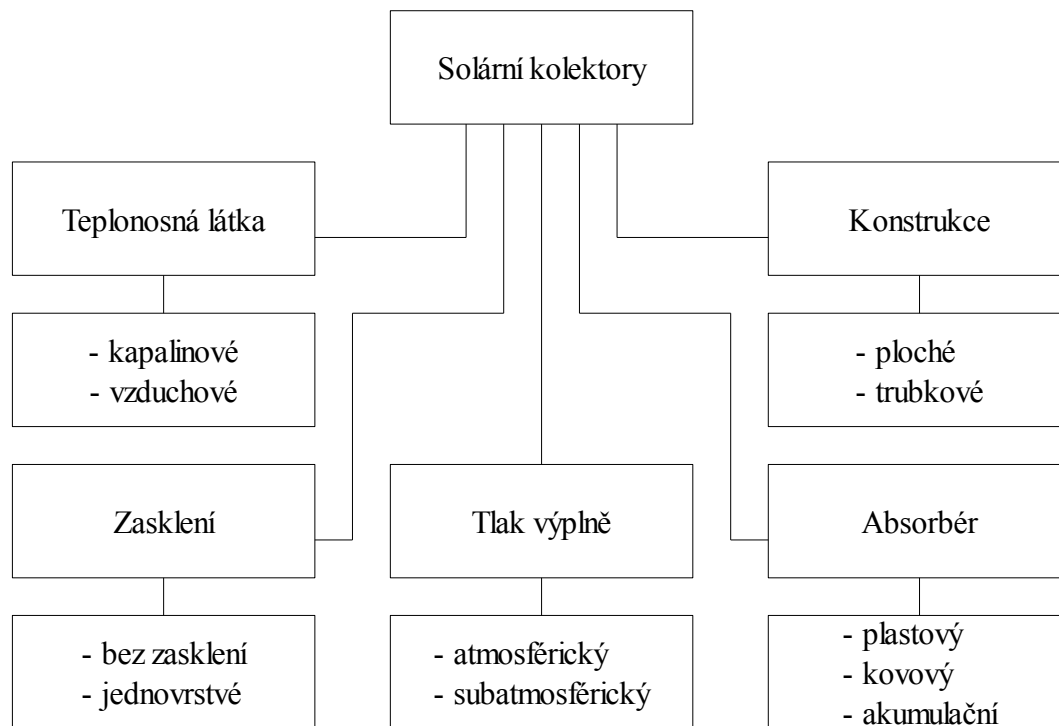
Jeden z možných způsobů využití sluneční energie je právě aktivním způsobem. Pod slovem aktivní, v plném znění aktivní solární systémy máme namysli solární kolektory, solární koncentrační kolektory nebo solární články (fotovoltaické panely). Mezi sebou se liší v několika vlastnostech. I když však každý z nich je provozován k jinému účelu, mají však společnou jednu věc. Konstruovány jsou tak, aby se plně věnovali zachytávání sluneční energie, kdekoliv je umístíme. Je také možné, pokud se to finančně vyplatí, je natáčet a naklápět za slunečním svitem.

### 1.2.1 Solární kolektory

Solární kolektor je základním konstrukčním zařízením celé soustavy. Využívá svých vlastností k zachytávání slunečního záření a přeměně na tepelnou energii. Kolektory můžeme dělit na nepřeberné množství druhů, velikostí, použitím, použitých materiálech, atp. Obrázek č. 1.2 níže rozděluje některé z těchto dělení.

Mezi základním prvkem slunečního kolektoru se řadí **absorbér**. Je to nejčastěji plochá deska nebo trubice (z plastu, kovu) či deska s trubicí s neodrazivou tmavou vrstvou (černá barva, selektivní vrstva,..), která je vložena do samotného kolektoru. Přímo na povrchu

absorbéru dochází k přeměně slunečního záření na tepelnou energii, která potom ohřívá **teplonosnou látku** (kapalina nebo vzduch) a je touto látkou odváděno pomocí potrubí (měď, nerez,...) do **výměníku** v zásobníku nebo přímo do **zásobníku**.

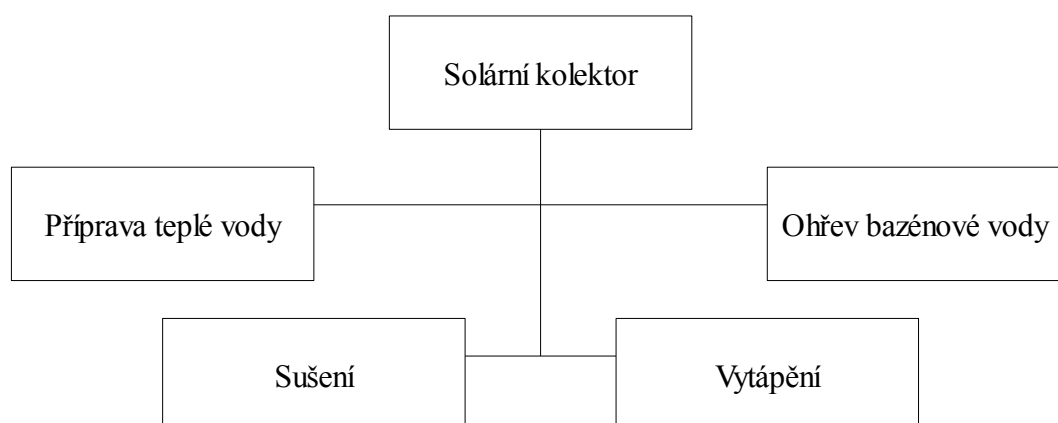


Obrázek č. 1.2: Základní rozdělení solárních kolektorů [11]

Samotná absorpční vrstva (plocha) je z vrchu chráněná **bezpečnostním sklem** proti poškozením (kroupy). Počet skel může být různý, ale vhodné je pouze jedno sklo, neboť s rostoucím počtem klesá i účinnost kolektoru vlivem odrazu. Přímě pod absorbérem a na bočních stěnách se také nachází **tepelná izolace**, která má za úkol minimalizovat ztráty přenosu tepla vedením. Uložení a nehybnost absorbéru, bezpečnostního skla a tepelné izolace zajišťuje **rám** nebo **vanová skříň**.

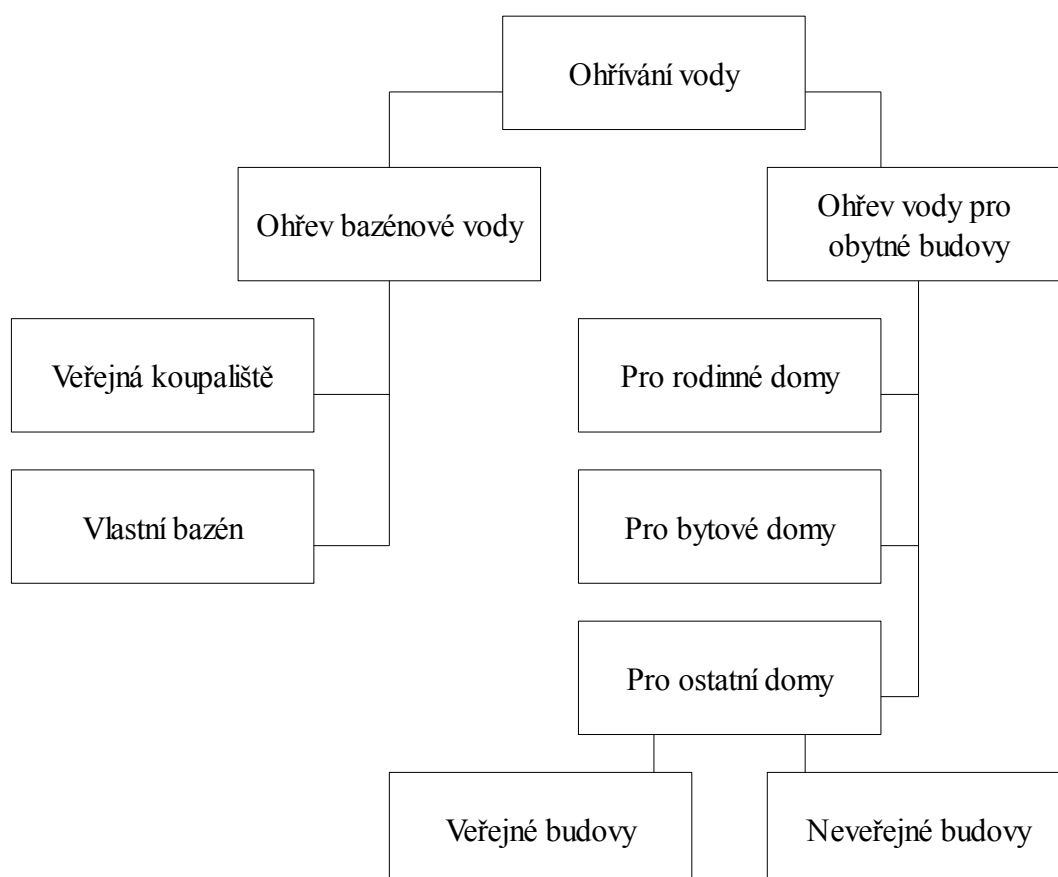
Obrázek č. 1.3 níže udává dělení z hlediska účelu solárních kolektorů. Obytné domy nejčastěji volí solární kolektory k přípravě teplé vody (dále jen TV), vytápění (VYT) nebo kombinace TV + VYT, nebo k ohřevu bazénové vody (BV). V těchto kolektorech proudí nejčastěji kapalina typu nemrznoucí směsi nebo čistá H<sub>2</sub>O, popřípadě olej. K sušení naopak využíváme proudění vzduchu v absorbéru jako teplonosné látky. Vzduch je také možné využít k VYT.

Solární kolektory se aplikují i ve firmách, podnicích, v průmyslu. Jsou na tom účelně obdobně jako pro obytné budovy, jenom se zařazují ve větších měřítkách a častěji se dosahuje vyšších teplot nutné do svých provozů.



Obrázek č. 1.3: Hlavní účel solárních kolektorů k získání tepla pro obytné domy

Obrázek č. 1.4 níže naproti tomu ukazuje neužívanější aplikaci solárního ohřevu vody. Ohřívát je možné jak zmíněnou BV, tak připravovat TV. Asi neužívanější aplikace jsou pro rodinné domy (dále jen RD) a pro bytové domy (BD). Pro BV jsou častěji voleny pouze letní nadbytečné energie ze Slunce (u RD) nebo v rámci jedné velké instalace pro letní provoz veřejných koupališť.



Obrázek č. 1.4: Využití solárních kolektorů k ohřevu vody



Existuje mnoho typů solárních kolektorů na celosvětovém trhu. Pro lepší orientaci si vypíšeme všechny, ale zmíníme se podrobně pouze s těmi, které se v hojné míře objevují v ČR. Mezi častými u nás jsou bazénové nekryté kolektory, ploché selektivní kolektory, a trubkové vakuové kolektory. Ostatní se vyskytují v malém množství nebo vůbec.

Ploché kolektory:

plochý nekrytý kolektor – tyto kolektory slouží především pro ohřev bazénové vody v letních měsících, neboť jsou velmi náchylné na změnu okolní teploty. Jsou vyrobené z plochých plastů, podobou srovnanou třeba s gumovou rohoží v automobilech.

plochý neselektivní kolektor – neselektivní kolektory se již moc nevyskytují. Jejich nesporná nevýhoda je právě v povrchu absorbéru, který takto bez nanášení povlaku (Sunselect nebo  $\text{TiNO}_x$ ), má tak vysokou odrazivost slunečního záření a nízkou pohltivost.

plochý selektivní kolektor – plochá deska se selektivním povlakem na absorbéru, dosahuje vyšších účinností. Investičně vychází velmi dobře. Snahou je totiž nacházet levné kvalitní materiály a technologie. Dražší jsou zatím kolektory s antireflexní úpravou  $\text{SiO}_2$ , při kterých dochází k navýšení pohlcení slunečního záření. Patří mezi nejrozšířenější druhy kolektorů na trhu a velmi dobře slouží pro TV nebo VYT.

plochý vakuový kolektor – je stejné konstrukce jako plochý kolektor selektivní. Vhodné je pro VYT i k přípravě TV.

Trubkové kolektory:

trubkový jednostěnný vakuový kolektor – od předchozích kolektorů se vyznačuje velkými trubkami, které jsou vedle sebe v určitém počtu naskládány a společně drží na jednom úchyty. Tvoří tak celistvý kolektor. Může být ve tvaru tepelné trubice, kdy obsahuje pouze jednu trubičku, ve které se látka vypařuje a kondenzuje v neustálém koloběhu nebo ve tvaru přímo protékaný registr s trubicovým hadem, pod absorbérem. Absorbér je v obou případech plochý. Oba obsahují selektivní povrch. Cenově však jsou dražší než ploché.

trubkový dvoustěnný vakuový kolektor – vyskytují se výjimečně nebo vůbec jsou obdobného tvaru jako jednostěnné, jenom selektivní povrch není ve tvaru desky, ale kopíruje povrch prosklené trubice.

Vzduchové kolektory:

Jsou nejčastěji ploché se zasklením a různými tvary absorbérů. Mohou se využívat k VYT, ale hlavně slouží k sušení v zemědělství. Zajímavostí je také výměna vzduchu v místnosti. K podobným účelům také slouží solární architektura.

Koncentrační kolektory:

Využívají svých geometrických tvarů k cílenému navedení slunečních paprsků do míst, ve které se za vysokých teplot ohřívá voda. Slouží hlavně u solárních elektráren k výrobě elektřiny.

### 1.2.2 Solární systémy

Solární systém zde představuje celou soustavu jednotlivých technických zařízení, spojovacích členů, měřících a kontrolních prvků v okruhu, společně zapojených jako celek (systém), které jsou potřebné pro správné fungování a správný proces získávání tepla bez poškození tohoto systému nebo jejich částí. Tabulka č. 1.1 níže dělí systémy na dvě části. První část se nazývá okruh kolektoru nebo kolektorový okruh. V něm se nachází samotný kolektor s potrubím pro teplonosnou látku, oběhovým čerpadlem, armaturami a některými kontrolními a měřícími prvky. Druhou částí je okruh solárního zásobníku. V tomto okruhu je zásobník teplé vody, s možným elektrickým topným tělesem a výměníkem tepla solárního okruhu. Možností je také výměník tepla okruhu ÚV, pokud není dodán tzv. odběrový okruh s malým vedlejším zásobníkem, který slouží k dohřevu TV. Ten však už není součástí solárního systému.

Kolektorový okruh	Okruh solárního zásobníku
kolektor	zásobník
armatury a potrubí	výměník(y)
oběhové čerpadlo	elektrická topné těleso
expanzní nádoba	potrubí a armatury
měřící přístroje	(čerpadlo)
elektronický spínač	měřící zařízení

*Tabulka č. 1.1: Solární okruhy s hlavními příslušenstvími*

Dělení podle oběhu teplonosné látky:

samotižný oběh – systém pracuje na rozdílu hustot teplé a studené kapaliny. Pro splnění tohoto oběhu musí být zásobník umístěn výše než kolektor. Tento systém nemá žádný výměník tepla viz. jednookruhový systém a je tedy napojen přímo na zásobník tepla. Výhodami jsou nižší pořizovací náklady, jednoduchost, menší pracnost, snadná údržba, bezčerpadlová obsluha. Nevýhodami sezonní provoz, zanášení vlivem neupravené vody (mineralizace).

nucený oběh – podobá se nebo je obdobně stavěn jako samotižný oběh, ale je navíc doplněn oběhovým čerpadlem, který dokáže přesně dodávat potřebný průtok. Zásobník je možné díky čerpadlu umístit níže než kolektor. Oběh může být také oddělený výměníkem

tepla. Výhodami je tak celoroční provoz spolu s nemrznoucí kapalinou. Naproti tomu nevýhodami jsou vyšší pořizovací náklady, závislosti na proudu, který však není tolik nákladný.

Podle počtu okruhů:

jednookruhový systém – jeho hlavním rysem je, že neobsahuje výměník tepla a je tedy přímo spjatý se zásobníkem. Jednookruhový je svým způsobem samotížný, ale může obsahovat oběhové čerpadlo, tím může být také zásobník umístěn níže než kolektor. Výhodami a nevýhodami jsou opět stejné vlastnosti jako u samotížného oběhu: jednoduchost, nižší náklady, oproti tomu závislosti na čerpadle, pokud je zapojen v systému.

dvouokruhový systém – oddělení mezi kolektorovým okruhem a okruhem solárního zásobníku zajišťuje výměník tepla. Používá se k celoročnímu provozu, kde v kolektorovém okruhu proudí nemrznoucí kapalina.

Podle dodatkového zdroje:

monovalentní systém – neobsahuje žádný náhradní zdroj tepla a je tedy používán v sezónních měsících ohřevu BV, může být jednookruhový nebo dvouokruhový (s čerpadlem nebo bez).

bivalentní a trivalentní systém – nízký příjem ze Slunce během zimních měsíců nebo dlouhodobých nepříznivých podmínek je třeba pokrýt rezervním zdrojem tepla, neboť přímé a difúzní záření někdy nemusí stačit pokrýt potřebu tepla. Náhradní zdroje se napojují, buď do centrálního nebo do pohotovostního zásobníku. Náhradními zdroji mohou být různé druhy kotlů, tepelná čerpadla, krbová vložka nebo elektrické ohřívače.

### 1.3 Pasivní využití solární energie pro teplo

Do pasivních systémů řadíme solární architekturu. Jedná se o stavebně-technické řešení zachytávání zářivé energie konstrukcí stavby. U novostaveb se konstruuje velká jižní okna, zasklené jižní stěny (fasády) s akumulací zdi nebo prosklené střechy. Starší objekty, které by byly velmi náročné na přestavby než je tomu u nových domů, je problematika řešena přístavbami k objektu. Přístavby mají potom různé tvary typu zimních zahrad nebo skleníků. Účelem těchto stavebních úprav mají za cíl akumulovat zářivou energii a následně ji předávat do místností v případě vytápění nebo pomocí rozdílů hustot vzduchu místnosti chladit a vyměňovat vzduch. Tyto konstrukční prvky jsou velmi

závislé na poloze, konstrukčním řešením pro druh budovy či použitých materiálech.

Mezi nesmírné výhody patří jisté osvětlení místností, řádná výměna vzduchu v letním období a tím i chlazení, možnost akumulace tepla, vytápění, možnost získání nové plochy.

Na opačné straně je nutný rezervní zdroj vytápění z důvodu krátkodobé akumulace, pokud se nejedná o energeticky soběstačné domy, minimální nebo omezené využití místností, ve kterých jsou akumulární stěny a podlahy, v některých případech únosnost zdí.

Zde je několik příkladů:

#### Přímý zisk:

Jedná se o základní jednoduchý systém, využívající tenké skleněné plochy (velkého okna), kterým prochází sluneční paprsky do podlahy nebo také do stěn. Podlaha a stěny slouží jako absorbér. Výhodou je také využívání difúzního záření. Přímý zisk jsou značné ztráty vedením a prouděním do okolního prostředí během noci nebo za špatného počasí. Noční ztráty se dají snížit noční izolací.

#### Zimní zahrada:

Obytný prostor, jehož plocha se dá využít k libovolným účelům, ať už k relaxaci, pěstování rostlin, živočichů nebo ke společenskému vyžití. Tato stavba nevyžaduje přímo jižní orientaci (záleží k jakým účelům je pořizována) a stavěna je podle potřeb uživatele k architektonickému dojmu přičlenění k budově. Sklon ploch umožňuje akumulovat i větší tepelné zisky během léta, které jsou využívány k cirkulaci vzduchu v místnostech. Velikost tepelných zisků ovšem závisí na obyvatelích. V zimě slouží jako izolace domu a svou jižní polohou i k vytápění domu. Stejně jako systém přímého zisku, tak i zimní zahrada dokáže zpracovávat difúzní záření.

#### Vzduchový kolektor:

Pracuje pouze s přímým zářením a s nutností na jižní straně. Dokáže tak lépe akumulovat tepelné zisky ze slunce a dodat potřebné teplo přímo do místa (v zimě) nebo ochladit místnost (v létě). Akumulace se nevybíjí hned, ale s určitým časem. Na to však vyžaduje určitou regulaci, ventilátor.

#### Okenní kolektor:

Pracuje s přímým zářením. Není problémem využít i difúzního záření. Okna se dají otvírat v případě potřeby cirkulace, ovšem v omezeném počtu. Jsou obdobné jako vzduchové kolektory, se kterým se mohou doplňovat a včleňovat do stavby. Ovšem jak vzduchový kolektor, tak i okenní kolektory vyžadují pouze jižní strany a také regulaci.

#### Tepelně akumulární stěna (Trombeho stěna):

Jednoduchý systém, který spočívá v jedné nebo dvojité skleněné ploše, která je postavena před pohltivý materiál zdi, tak aby mezi zdi a skleněnou plochou byla

vzduchová mezera. I když dokáže ukládat teplo do akumulární stěny, které později třeba ve večerních hodinách odevzdává místnosti, má velké ztráty směrem ven do okolí. Proto se využívá hlavně v oblastech s častým výskytem slunečního záření.

#### Transparentní tepelná izolace:

Je to lepší varianta Trombeho stěny. Využívá tepelných izolací pro snížení ztrát do okolí, jak tomu je u Trombeho stěny a současně absorbovává teplo. Je však velmi náročná na uskutečnění.

## 2. Navrhnutí a provoz solárního systému pro rodinný dům

Mým úkolem v této kapitole je navrhnout průčeschnou soustavu pro celoroční ohřev TV solárními kolektory, kde teplá voda bude využívána šestičlennou domácností obývaném v rodinném domě k pravidelným činnostem jako je mytí nebo sprchování, a to z prvotních podmínek. Tyto prvotní podmínky jsou hlavními pilíři celé realizace, slouží ke správnému navržení a optimálnímu provozu během své životnosti. Tabulka č. 2.2 dole znázorňuje základní zásady pro návrh s podrobným rozpisem vstupních požadavků k jednotlivým bodům pod tabulkou. Tyto zásady jsou určeny rodinou, stavbou obytného domu i okolním prostředím, ve kterém bude pracovat solární soustava, proto je mým cílem se jich zprvu držet v následujících kapitolách až k závěru, kde vyhodnotím jejich přínos. V případě, že některé základní předpoklady se vzájemně vyrušují nebo je není možné splnit, je také mým prvořadým úkolem najít mezi nimi kompromisní řešení a případné alternativní náhrady.

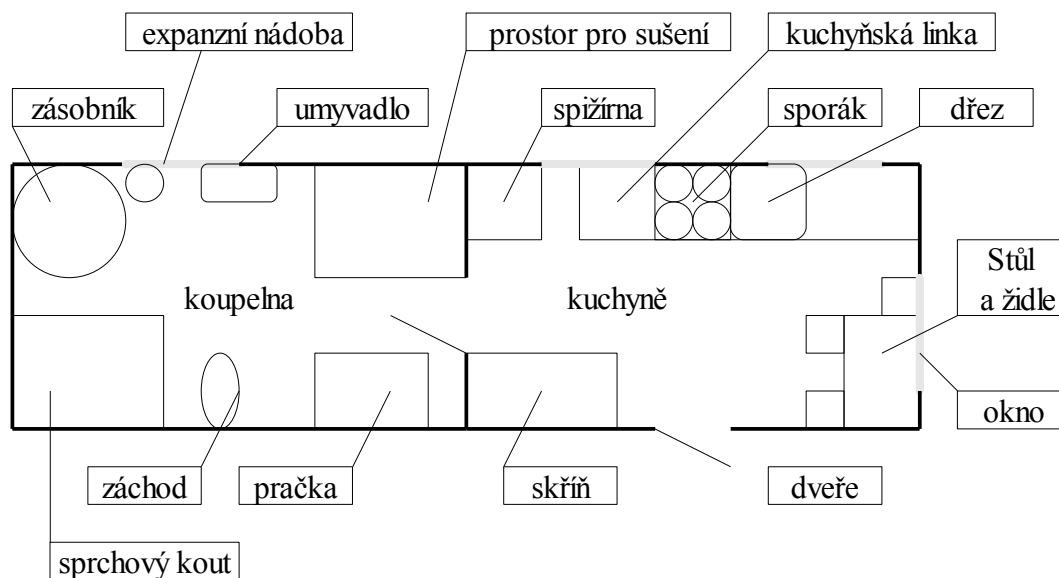
### 2.1 Základní podmínky pro návrh

Podmínky technické	Podmínky přírodní
účel solárního systému	směrování kolektorů
únosnost střechy	poloha objektu
sklon střechy a kolektorů	stinné překážky
spotřeba tepla a ztráty tepla	období provozu
délka potrubí	jiné meteorologické jevy
Podmínky ekonomické	Podmínky ekologické
investiční strop	snížení emisí
investiční návratnost	minimální vliv na ŽP
množství energie nahrazené soustavou	likvidace kolektorů a příslušenství
snížené náklady primárního zdroje	
dotace	

*Tabulka č. 2.2: Základní podmínky pro návrh*

Návrh z technických podmínek:

Účelem solárního systému je příprava celoroční TV, který doposud zajišťuje kotel na palivové dřevo a jemu podobné dřevní produkty (brikety, peletky a dřevní štěpka). Kotel bude však nadále plnit funkci VYT v domě a v případě nedostatku TV, zejména při malém solárním zisku, ji také dohřívat na požadované hodnoty, které stanovím výpočtem v kapitole 3.

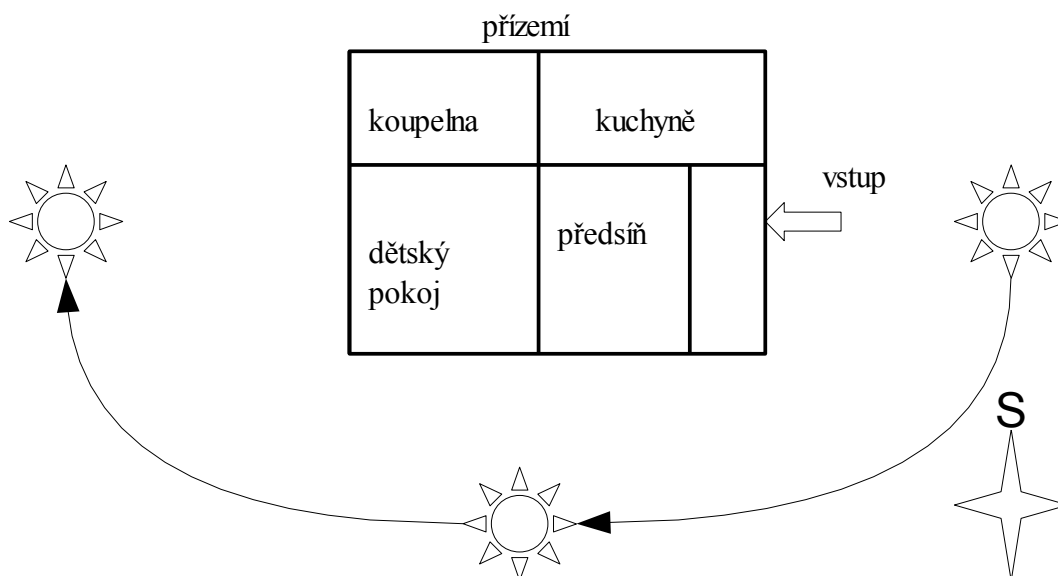


Obrázek č. 2.5: Schéma dvou odběrových místností TV a umístění zásobníku

Kolektory umístí na střešní plochu pod úhlem  $60^\circ$ , tedy stejnou jako sklon samotné střechy. Únosnost střechy je stanovena na  $1,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ . Tento tlak nesmím překročit při návrhu solárních kolektorů navýšené navíc o sněhovou pokrývku v období typické pro danou lokalitu. Energetické přebytky, tedy možné zisky, které jsou nad hranici spotřeby TV obyvateli, nebudou využity. V budoucnu je možné počítat s variantou využití přebytků k ohřevu BV. Spotřeba TV se v rodině pohybuje okolo 50 litrů denně, převážně na mytí, sprchování. Dům je dvoupatrový s jednou kuchyní a koupelnou společně se záchodem v přízemí. Kuchyně a koupelna jsou vedle sebe oddělené zdí a jsou to jediné místnosti, ve které dochází k odběru, ať už studené, nebo teplé vody. S ohledem na velký prostor koupelny, ve které je umístěna pračka, sprchový kout, sušící kout a záchodová mísa, ukládám 300 litrový zásobník s vodou na původní místo zásobníku, do kterého zajišťoval přísun tepla kotel. Spolu se zásobníkem umístí do koupelny také expanzní nádobu. Obrázek č. 2.5 nahoře pro názornost vyobrazuje kuchyni a koupelnu, ve které dochází k odběru TV a umístění solárního příslušenství do koupelny, včetně expanzní nádrže. Teplonosné vedení a zásobník budou zaizolované proti únikům tepla do okolního prostředí domu. Na konci této kapitoly také uvádím dispoziční řešení celé soustavy a schéma zapojení.

Podmínky přírodní:

Poloha rodinného domu na okraji města Ostravy je velmi výhodná z několika důvodů. Samotná sedlová tašková střecha je natočena na výhodnou polohu jihu. Obrázek č. 2.6 dole ukazuje tuto polohu domu, na kterou počítám ziskovost solárních kolektorů v kapitole 3. Okolí domu není zastavěné výškovými budovami nebo vysokými stromy, které by mohly



Obrázek č. 2.6: Orientace rodinného domu podle světových stran

vrhat stín na střechu a snižovat tak zpracování přímého slunečního záření. Co se týče lokality města Ostravy leží v nížině v nadmořské výšce okolo 227 metrů [20] mezi pohořími Beskydy a Jeseníky. Protékají skrz městem řeky Ostravice, Lučina, Odra a Opava a z hlediska klimatických podmínek je deštivá, díky převládajícím jihozápadní směrem větru z Atlantského oceánu. Pokud převládá tento směr může na město spadnou i více srážek než je roční průměr okolo 705 mm [20]. Průměrná roční teplota se pohybuje kolem 8 °C [20], v zimním období to bývá průměrně i pod 0 °C [20], proto do svých výpočtů zahrnuji některé zimní měsíce minusové, více příloha č. 1. K dalším potřebným údajům pro návrh v místě obytného domu využívám tabulek přiložených v kapitole 3 a v kapitole 7.

Podmínky ekonomické:

Rodina si za cíl v ekonomické části klade tyto podmínky: snížení nákladů na spotřebu dřeva, za jeho nákup a dovoz palivového dřeva z firmy Ekoterm Silesia v Třinci; investiční strop, tedy výdaje za nákup, dovoz, projekci a instalaci nesmí překročit částku 150 000 Kč a poslední podmínkou je možnost využití státních dotací na soustavu. K udělení státní dotace na solární kolektory je nutno splnit minimální roční zisk 350 kWh · m<sup>-2</sup> aperturní plochy a minimální roční zisk 1 500 kWh (stav k roku 2010). Jelikož rodina používá

za palivo dřevo a jinou dřevní hmotu, předpokládám delší návratnost. Ta by však neměla přesáhnout délku životností solárních kolektorů, na kterou budu návratnost vztahovat. Skutečná doba návratnosti nezávisí jenom na úspoře paliva, ale také na vstupních investicích, které se mým odhadem mohou lišit, proto k úspoře paliva na přípravu TV a tím i jeho úspoře financování se zabývám v kapitole 5 po vyhodnocení přínosu solární soustavy z výpočetních postupů. Dále zde zahrnuji v cenové kalkulaci projekční zhotovení, nákup všech komponentů k systému, dovoz do místa určení, kompletní montáž (instalace, napojení) s uvedením do trvalého provozu a základní proškolení uživatelů o bezpečnosti a manipulaci. V této části také začleňuji roční provozování systému, mezi nimiž jsou: možná pravidelná roční revize firmou (závisí na rodině), spotřeba elektrické energie oběhového čerpadla a řídicí jednotky, výměna cirkulační látky po její životnosti, deinstalaci a instalaci kolektorů nebo jiných příslušenství po vypršení životnosti.

Podmínky ekologické:

Dřevo jako energetické palivo je šetrné k životnímu prostředí (dále jen ŽP) a nedochází k výraznému znečišťování ovzduší a navíc popel a zbytky nedopalku slouží jako bohaté hnojivo. I přesto, že je dřevo šetrné k ŽP, dojde solárním systémem také k poklesu množství TZL, CO, SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> vypouštěné z komína. Jejich množství závisí na množství energie vyrobené solární soustavou a tímto množstvím se zmiňuji v kapitole 6. Kolektory, nemrznoucí kapalina a ostatní příslušenství jsou vyráběny s ohledem minimálního vlivu na ŽP. Solární kapalinu, kolektory a jiné příslušenství likviduje samotná firma s oprávněním s nakládáním s odpady za úplatu.

Tabulka č. 2.3 níže zřehledňuje všechny podmínky, se kterými vstupuji a pracuji v následujících kapitolách.

## 2.2 Návrh a způsob provozování systému

K dalšímu kroku realizace a možnosti výpočtů, stanovuji pro soustavu kolektor a další příslušenství od firmy Regulus s r.o. Mezi typy kolektorů z nabídky firmy volím plochý kolektor s označením KPG1-ALC z důvodu příznivé ceny s ohledem na výkon tohoto zařízení a předběžného dodržení ekonomického stropu. Přesný počet kolektorů určím výpočtem v kapitole 3. Mezi další prvky soustavy volím zásobník typu R2GC 300/SOL2 s objemem 300 litrů s 2 výměníky v zásobníku a čerpadlovou skupinou SRS3. Velikost expanzní nádrže určuji v kapitole 4 s ohledem na délku rozvodu a množství kapaliny.



Podmínky technické	
účel solárního systému	příprava TV
únosnost střechy	1,5 kN · m <sup>2</sup>
sklon střechy a kolektorů	60°
spotřeba tepla a ztráty tepla	určené výpočtem v bodě 3.1
délka potrubí	stanovena v bodě 4.1
Podmínky ekonomické	
investiční strop	150 000 Kč
investiční návratnost	určena výpočtem v bodě 5.5
množství energie nahrazené soustavou	určeno výpočtem v bodě 3.4
snížené náklady primárního zdroje	určeny výpočtem v bodě 5.1
dotace	stanovena v bodě 5.4
Podmínky přírodní	
směřování kolektorů	jih
poloha objektu	jih
stinné překážky	žádné
období provozu	celoroční
jiné meteorologické jevy	jihozápadní vítr, deštivo
Podmínky ekologické	
snížení emisí	určené výpočtem v bodě 6.1
minimální vliv na ŽP	ekologické komponenty
likvidace kolektorů a příslušenství	uživatel, firmou

*Tabulka č. 2.3: Souhrn základních podmínek pro dimenzování*

### 2.2.1 Nápor na kolektory a výpočet únosnosti střechy

Střecha musí být schopna snést tlak solárního kolektoru, větru a sněhové pokrývky. Jelikož poloha domu není vystavena nápořem silných větrů, upouštím od tohoto výpočtu. Výrobce uvádí ve svých prospektech [21] více příloha č. 2, že solární kolektory vydrží maximální zatížení tlakem způsobeným sněhem a větrem  $p_{\max, v, s} \leq 1,8 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$  a samotným větrem  $p_{\max, v} \leq 1,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ . Konstrukce střechy je odolná na maximální zatížení tlakem  $p_{\max, k} \leq 1,5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ . Hmotnost solárního kolektoru uvedené výrobcem je 47 kg + 1,7 litrů nemrznoucí kapaliny s 2,517 m<sup>2</sup> celkové plochy. Pro výpočet hustoty sněhové peřiny uvažuji slehlý sníh s hustotou  $\rho_{\text{sněhu}} = 400 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  podle [8] více příloha č. 4.

Určení maximální zatěžující síly na 1 m<sup>2</sup> střechy:

$$F_{\max, k} = p_{\max, k} \cdot S_{\text{střechy}} = 1\,500 \cdot 1 = \underline{1\,500 \text{ N}} \quad (2.0)$$

Výpočet zatížení solárního kolektoru na 1 m<sup>2</sup> střechy:

$$m_{\text{kol. plochy}} = \frac{m_{\text{kolektoru}}}{S_{\text{kol. celk.}}} = \frac{48,7}{2,517} = \underline{19 \text{ kg}} \quad (2.1)$$

kde  $m_{\text{kolektoru}}$  hmotnost kolektoru a  $S_{\text{kol. celk.}}$  plocha kolektoru jsou z přílohy č. 3 (KPG1-ALC – TECHNICKÝ LIST).

Výpočet hmotnosti sněhu na 1 m<sup>2</sup> střechy:

$$F_{\text{max,k}} = (m_{\text{sněhu}} + m_{\text{kol. plochy}}) \cdot g \Rightarrow m_{\text{sněhu}} = \frac{1\,500}{9,81} - 19 = \underline{134 \text{ kg}} \quad (2.2)$$

Výpočet objemu sněhu na 1 m<sup>2</sup> střechy:

$$m_{\text{sněhu}} = \rho_{\text{sněhu}} \cdot V_{\text{sněhu}} \Rightarrow V_{\text{sněhu}} = \frac{m_{\text{sněhu}}}{\rho_{\text{sněhu}}} = \frac{134}{400} = \underline{0,33 \text{ m}^3} \quad (2.3)$$

kde  $\rho_{\text{sněhu}}$  hustota slehlého sněhu je určena podle [8].

Maximální výška sněhu kolmá na 1 m<sup>2</sup> střechy:

$$V_{\text{sněhu}} = l \cdot b \cdot h_{\text{max, sněhu}} \Rightarrow h_{\text{max, sněhu}} = \frac{V_{\text{sněhu}}}{l \cdot b} = \frac{0,33}{1 \cdot 1} = \underline{0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}} \quad (2.4)$$

kde  $l$  a  $b$  rozměry sněhu jsou brány jako jednotkové k zjištění výšky sněhu na ploše 1 m<sup>2</sup>.

Z výsledku vyplývá, že kolmo na střechu 1 m<sup>2</sup> může být maximální výška slehlého (mokrého) sněhu 33 cm. S ohledem na úhel střechy a tím i kolektorů 60° s hladkým povrchem čirého skla, na kterém by ležel sníh, je více pravděpodobné, že snadno sklouzne. V případě zatížení střechy čerstvě napadaného sněhu s hustotou  $\rho_{\text{sněhu}} = 200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  [8], může být maximální výška pokrývky kolmá na kolektor více než dvojnásobná než u mokrého sněhu, tedy 68 cm. Pokud taková situace nastane a sníh nepadne pomocí své váhy, je potřeba ji dopomoci manuálně.

### 2.2.2 Nápor na kotevní háky kolektorů

Kotevní háky jsou navrženy podle firmy Regulus s r.o. na maximální tlak větrem a sněhem  $p_{\text{max, v, s}} \leq 0,7 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$  a větrem  $p_{\text{max, v, s}} \leq 1,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$  [21]. Tyto háky nápor sněhem při výše zmíněných výpočtech nevydrží, proto volím 3 kotevní háky na 1 kolektor.

### 3. Stanovení celoročního provozu pomocí výpočtu

V této kapitole se pomocí výpočetních rovnic dopracuji k zjištění hodnotného přínosu solárního systému, který jsem předběžně navrhl pro rodinný dům. V několika na sobě závislých výpočetních částí v podkapitolách zjistím potřebnou energii k ohřevu vody, která je nutná pro zajištění celodenní spotřeby 6 obyvateli domu. Dále skutečné množství energie ze Slunce, dopadající na plochu v dané lokalitě včetně zisku mnou vypočteného a vyhodnoceného počtu solárních kolektorů, které zachytí a zpracují tuto energii pro potřebu obyvatel. Pro lepší přehlednost znázorním každou podkapitolu s mezivýpočty tabulkou zjištěných hodnot. Ke konci připojím přehlednou tabulku s hlavními parametry soustavy, grafickou částí s množstvím energie vyrobené ke spotřebě a průběhem solárních kolektorů.

Jako vstupní vodu, která je vpouštěna do zásobníku k přípravě TV, volím studenou pitnou vodu (dále SV) s teplotou 8 °C po celý rok. Kolektory budou ohřívat SV z 8 °C na konečných a požadovaných 60 °C. Tabulka č. 3.4 dole udává prvotní údaje.

	značení	hodnota	jednotka
počet členů rodiny	n	6	[1]
denní spotřeba vody	$\dot{V}$	50	[l · d <sup>-1</sup> · osoba <sup>-1</sup> ]
teplota teplé vody	$t_t$	60	[°C]
teplota studené vody	$t_s$	8	[°C]

Tabulka č. 3.4: Zadané vstupní parametry k výpočetním úkonům.

#### 3.1 Spotřeba solární energie pro přípravu teplé vody

Pozn.: V následujících výpočtech a tabulkách pracuji s 3 desetinnými místy, ale znázorněné výpočty zaokrouhluji a uvádím především na celá desetinná místa. (Výjimkou jsou ceny a procenta, popřípadě hodnoty, které by obsahovali 0). Proto se mohou některé výpočty při kontrole lišit. Chyba výpočtů se tedy pohybuje v rozmezí ± 5 %.

Výpočet energie pro přípravu teplé vody na 1 osobu:

$$Q'_{TV,den} = \dot{V} \cdot c_{H_2O} \cdot (t_t - t_s) = 50 \cdot 4,19 \cdot (60 - 8) = 10\,894 \text{ kJ} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{osoba}^{-1} \quad (3.0)$$

kde měrná tepelná kapacita vody  $c_{H_2O}$  je podle [8].

Pozn.:  $c_{SOLARTEN} = c_{H_2O}$

Přepočet energie na kWh pro přípravu teplé vody na 1 osobu:

$$Q_{TV,den} = \frac{Q'_{TV,den}}{3\,600} = \frac{10\,894}{3\,600} = 3 \text{ kWh} \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{osoba}^{-1} \quad (3.1)$$

Výpočet energie pro přípravu teplé vody pro 6 osob:

$$Q_{TV6,den} = n \cdot Q_{TV,den} = 6 \cdot 3 = 18 \text{ kWh} \cdot \text{d}^{-1} \quad (3.2)$$

kde  $n$  je z tabulky č. 3.4 na straně 27 a  $Q_{TV,den}$  je z rovnice 3.1 na straně 27.

Tabulka č. 3.5 níže ukazuje všechny ztrátové koeficienty při různých dopravách teplé vody. S ohledem na krátkou vzdálenost zásobníku a odběru TV v koupelně a kuchyně, volím ztráty ve výši 10 %,  $z = 0,1$ .

typ přípravy TV	z
Lokální průtokový ohřev	0,00
Centrální zásobníkový ohřev bez cirkulace	0,15
Centrální zásobníkový ohřev s řízenou cirkulací	0,30
Centrální zásobníkový ohřev s neřízenou cirkulací	1,00
CZT, příprava TV s meziobjektovými přípojkami, TV, CV	> 2,00

Tabulka č. 3.5: Paušální přírážky na tepelné ztráty při přípravě TV [7]

Výpočet energie pro přípravu teplé vody na měsíc leden:

$$Q_{TV6,leden} = n_{dni} \cdot Q_{TV6,den} = 31 \cdot 18 = 563 \text{ kWh} \cdot \text{leden}^{-1} \quad (3.3)$$

kde  $n_{dni}$  je počet dní v měsíci leden.

Výpočet skutečné potřebné energie navýšené o ztrátu v rozvodě:

$$Q_{TV6,leden,SK} = (1 + z) \cdot Q_{TV6,leden} = (1 + 0,1) \cdot 563 = 619 \text{ kWh} \cdot \text{leden}^{-1} \quad (3.4)$$

Tabulka č. 3.6 níže ukazuje celkový přehled spotřeby TV v jednotlivých měsících v roce ukazuje následující dole včetně navýšení o ztráty tepla v rozvodě. V letních měsících (hlavně červenec a srpen) bývá pokles spotřeby TV podle [7] až o 25 % (hlavně jižní polohy obcí v ČR), tento jev ve svých výpočtech nezapočítávám.

Tabulka č. 3.7 také níže udává potřebné hodnoty vypsané z přílohy č. 1 pro výpočet energetických přínosů v lokalitě Ostrava, který je potřebný pro náhradu spotřebované energie na přípravu TV, dosud zajišťující kotlem.

Výpočet skutečného slunečního záření za den:

$$Q_{S,den,SK} = Q_{S,den,teor} \cdot \tau_{rel,leden} = 3,71 \cdot 0,27 = 1 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1} \quad (3.5)$$

kde  $Q_{S,den,teor}$  a  $\tau_{rel,leden}$  jsou z tabulky 3.7 ze strany 29.

Výpočet skutečného slunečního záření za měsíc leden:

$$Q_{S,leden,SK} = n_{dni} \cdot Q_{S,den,SK} = 31 \cdot 1 = 31 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{leden}^{-1} \quad (3.6)$$

Tabulka č. 3.8 níže ukazuje možné energetické zisky ze Slunce z hlediska statistických hodnot v lokalitě Ostrava.

měsíc	počet dní	energie pro TV	skutečná energie pro TV
$n_{\text{měsíc}}$	$n_{\text{dní}}$	$Q_{\text{TV6, měsíc}}$	$Q_{\text{TV6, měsíc, SK}}$
[měsíc]	[d]	[kWh · měsíc <sup>-1</sup> ]	[kWh · měsíc <sup>-1</sup> ]
leden	31	563	619
únor	28	508	559
březen	31	563	619
duben	30	545	599
květen	31	563	619
červen	30	545	599
červenec	31	563	619
srpen	31	563	619
září	30	545	599
říjen	31	563	619
listopad	30	545	599
prosinec	31	563	619
$\Sigma$	365	6 627	7 290

Tabulka č. 3.6: Spotřeba tepelné energie k ohřevu vody 6-ti člennou rodinou

### 3.2 Stanovení množství sluneční energie v lokalitě města Ostravy

měsíc	teoretická energie ze slunce	teoretická doba slun. svitu	měrná doba slunečního svitu
$n_{\text{měsíc}}$	$Q_{\text{S, den, teor}}$	$T_{\text{teor}}$	$T_{\text{rel}}$
[měsíc]	[kWh · m <sup>2</sup> · d <sup>-1</sup> ]	[h]	[1]
leden	3,71	8,26	0,27
únor	5,26	10,12	0,3
březen	6,54	12	0,3
duben	7,41	13,9	0,37
květen	8,09	15,7	0,47
červen	8,48	16,34	0,45
červenec	8,09	15,7	0,55
srpen	7,41	13,9	0,55
září	6,54	12	0,43
říjen	5,26	10,12	0,36
listopad	3,71	8,26	0,19
prosinec	3,00	7,85	0,18
$\Sigma$			

Tabulka č. 3.7: Vstupní hodnoty pro energetické zisky z přílohy č. 1

měsíc	počet dní	skutečná energie ze slunce za den	skutečná energie ze slunce za měsíc
$n_{\text{měsíc}}$	$n_{\text{dní}}$	$Q_{S, \text{den}, SK}$	$Q_{S, \text{měsíc}, SK}$
[měsíc]	[d]	[kWh · m <sup>-2</sup> · d <sup>-1</sup> ]	[kWh · m <sup>-2</sup> · měsíc <sup>-1</sup> ]
leden	31	1,0	31
únor	28	1,6	44
březen	31	2,0	61
duben	30	2,7	82
květen	31	3,8	118
červen	30	3,8	114
červenec	31	4,4	138
srpen	31	4,1	126
září	30	2,8	84
říjen	31	1,9	59
listopad	30	0,7	21
prosinec	31	0,5	17
$\Sigma$	365	29,4	896

Tabulka č. 3.8: Energetické zisky ze Slunce v jednotlivých měsících v Ostravě

### 3.3 Volba solárního kolektoru a jeho energetické zisky

Volím již zmíněný solární kolektor od firmy Regulus s r.o. s označením KPG1-ALC. Technický list tohoto solárního kolektoru je přiložen na konci této práce více příloha č. 3. Tabulka č. 3.9 dole vypisuje základní údaje o účinnosti. Tyto základní parametry poslouží ke zjištění účinnosti kolektoru v ročních měsících. Pro další výpočetní postupy volím přepočty na aperturní plochu.

Výpočet střední teploty TV:

$$t_i = \frac{t_t + t_s}{2} = \frac{60 + 8}{2} = 34 \text{ °C} \quad (3.7)$$

kde  $t_t$  a  $t_s$  jsou zadáné z tabulky č. 3.4 ze strany 27.

Výpočet středního slunečního ozáření v měsíci leden:

$$I_{\text{leden}} = \frac{Q_{S, \text{den}, \text{teor}, \text{leden}}}{\tau_{\text{teor}, \text{leden}}} = \frac{3,71}{8,26} = 0,449 = 449 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad (3.8)$$

kde  $Q_{S, \text{den}, \text{teor}, \text{leden}}$  a  $\tau_{\text{teor}, \text{leden}}$  jsou zadáné obě z tabulky č. 3.7 ze strany 29.

Výpočet redukováné teploty za měsíc leden:

$$A_{\text{leden}} = \frac{t_i - t_{e, \text{leden}}}{I_{\text{leden}}} = \frac{34 - (-0,3)}{449} = 0,076 \text{ K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1} \quad (3.9)$$

kde  $t_{e, \text{leden}}$  je teplota okolí v měsíci leden učená z přílohy č. 1.

	označení	hodnota	jednotka
konverzní faktor	$\eta_0$	0,759	[1]
ztrátový koeficient	$a_1$	3,48	$[\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}]$
ztrátový koeficient	$a_2$	0,0161	$[\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-2}]$

Tabulka č. 3.9: Koeficienty účinnosti solárního kolektoru KPG1-ALC

Výpočet účinnosti za měsíc leden:

$$\eta_{\text{leden}} = \eta_0 - a_1 \cdot A_{\text{leden}} - a_2 \cdot A_{\text{leden}}^2 \cdot I_{\text{leden}}$$

$$\eta_{\text{leden}} = 0,759 - 3,48 \cdot 0,076 - 0,0161 \cdot 0,076^2 \cdot 449,2 = 0,45 \quad (3.10)$$

kde  $A_{\text{leden}}$  je vypočtená hodnota z rovnice 3.9 ze strany 30 a  $I_{\text{leden}}$  je vypočtená z rovnice 3.8 ze strany 30.

Výpočet měrného tepelného zisku kolektoru:

$$Q_{K, \text{leden}, SK} = \eta_{\text{leden}} \cdot Q_{S, \text{leden}, SK} = 0,45 \cdot 31 = 14 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{leden}^{-1} \quad (3.11)$$

kde  $Q_{S, \text{leden}, SK}$  je vypočtená z rovnice 3.6 ze strany 28.

Tabulka č. 3.10 níže udává přehled měsíčních účinností, závislé na okolní teplotě a získané tepelné energii.

měsíc	střední ozáření	účinnost kolektoru	měrný tepelný zisk kolektoru
$\eta_{\text{měsíc}}$	I	$\eta$	$Q_{K, \text{měsíc}, SK}$
[měsíc]	$[\text{W} \cdot \text{m}^2]$	[1]	$[\text{kWh} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{měsíc}^{-1}]$
leden	449	0,45	14
únor	520	0,51	22
březen	545	0,54	33
duben	533	0,57	47
květen	515	0,61	72
červen	519	0,65	74
červenec	515	0,66	91
srpen	533	0,68	86
září	545	0,62	52
říjen	520	0,56	33
listopad	449	0,50	11
prosinec	382	0,39	7
$\Sigma$			541

Tabulka č. 3.10: Střední sluneční ozáření a účinnost kolektoru v jednotlivých měsících

Pro rodinné domy se volí duben jako měsíc s rovnovážnou bilancí, proto jej také volím.

Výpočet potřebné plochy apertury solárního kolektoru:

$$S_{C,a} = \frac{Q_{TV6, duben, SK}}{Q_{K, duben, SK}} = \frac{599}{47} = 13 \text{ m}^2 \quad (3.12)$$

kde hodnota  $Q_{TV6, duben, SK}$  je z tabulky č. 3.6 na straně 29 a  $Q_{K, duben, SK}$  je z tabulky č. 3.10 ze strany 31.

Výpočet počtu plochy apertury a zvolení počtu kolektorů:

$$n_a = \frac{S_{C,a}}{S_a} = \frac{13}{2,392} = \underline{\underline{5,3 \text{ kolektorů}}} \quad (3.13)$$

kde  $S_a$  je zvolená plocha apertury solárního kolektoru z přílohy č. 3 (KPG1-ALC - TECHNICKÝ LIST) na konci bakalářské práce.

Pro rodinný dům s 6-ti obyvateli volím 6 kolektorů typu KPG1-ALC. Kolektory řadím paralelně po dvou řadách s délkou 361 cm podle přílohy č. 2 (Všeobecné pokyny pro montáž a provoz) a s umístěním k vrcholu cípu střechy blíže k odběrovým místnostem.

### 3.4 Výsledná energetická bilance solárních kolektorů

Výpočet skutečné plochy apertury solárního kolektoru:

$$S_{C,SK} = S_a \cdot n_a = 2,392 \cdot 6 = 14,352 \text{ m}^2 \quad (3.14)$$

Výpočet zářivé energie zachycené 6 kolektory:

$$Q_{C, leden, SK} = S_{C,SK} \cdot Q_{K, leden, SK} = 14,352 \cdot 14 = 201 \text{ kWh} \cdot \text{leden}^{-1} \quad (3.15)$$

kde  $Q_{K, leden, SK}$  je z tabulky č. 3.10 ze strany 31.

Výpočet nedostatku energie za měsíc leden a přebytku energie za měsíc duben:

$$N_{leden} = Q_{TV6, leden, SK} - Q_{C, leden, SK} = 619 - 201 = \underline{\underline{-418 \text{ kWh} \cdot \text{leden}^{-1}}} \quad (3.16)$$

kde  $Q_{TV6, leden, SK}$  je z tabulky č. 3.6 na straně 29.

$$P_{duben} = Q_{C, duben, SK} - Q_{TV6, duben, SK} = 676 - 599 = 77 \text{ kWh} \cdot \text{duben}^{-1} \quad (3.17)$$

kde  $Q_{C, duben, SK}$  je z tabulky č. 3.11 ze strany 33 a hodnota  $Q_{TV6, duben, SK}$  je z tabulky č. 3.6 na straně 29.

Tabulka č. 3.11 níže ukazuje maximální možný zisk ze 6 solárních kolektorů  $7\,771 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}$ , ve kterém jsou zahrnuty i přebytky. Jelikož není zatím možné jakkoliv využít tyto přebytky, je skutečná hodnota vypočtena níže.



měsíc	vyrobená energie	přebytek	nedostatek
$n_{\text{měsíc}}$	$Q_{C, \text{měsíc}, SK}$	$P_{\text{měsíc}}$	$N_{\text{měsíc}}$
[měsíc]	[kWh · měsíc <sup>-1</sup> ]	[kWh · měsíc <sup>-1</sup> ]	[kWh · měsíc <sup>-1</sup> ]
leden	201	-	-418
únor	322	-	-237
březen	471	-	-148
duben	676	77	-
květen	1 034	415	-
červen	1 063	464	-
červenec	1 308	689	-
srpen	1 234	615	-
září	745	146	-
říjen	470	-	-150
listopad	152	-	-447
prosinec	95	-	-524
$\Sigma$	7 771	2 406	1 925

Tabulka č. 3.11: Energetická bilance 6 kolektorů typu KPGI-ALC

Stanovení skutečného celoročního zisku solárního systému:

$$Q_{C, \text{rok}, SK-P} = Q_{C, \text{rok}, SK} - P_{\text{rok}} = 7\,771 - 2\,406 = \underline{5\,365 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}} \geq 1\,500 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \quad (3.18)$$

Podmínka zelená úsporám splněna!

Výpočet maximálního měrného celoročního zisku solárního systému:

$$Q_{C, \text{rok}, SK, m} = \frac{Q_{C, \text{rok}, SK}}{S_{C, SK}} = \frac{7\,771}{14,352} = \underline{542 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}} \quad (3.19)$$

kde  $S_{C, SK}$  je vypočtená z rovnice 3.14 ze strany 32.

Výpočet skutečného měrného celoročního zisku solárního kolektoru:

$$Q_{C, \text{rok}, SK-P, m} = \frac{Q_{C, \text{rok}, SK-P}}{S_{C, SK}} = \frac{5\,365}{14,352} = \underline{374 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}} \geq 350 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \quad (3.20)$$

Podmínka zelená úsporám splněna!

Výpočet faktoru pokrytí solárními kolektory:

$$f = \frac{Q_{C, \text{rok}, SK-P}}{Q_{TV6, \text{rok}, SK}} = \frac{5\,365}{7\,290} = \underline{0,74} \quad (3.21)$$

kde hodnota  $Q_{TV6, \text{rok}, SK}$  je z tabulky č. 3.6 ze strany 29.

Výrobu energie pro přípravu teplé vody během roku zajistí ze 74 % solární energie. Zbýlých 26 % ohřevu obstará kotel na palivové dřevo.

Výpočet využitelnosti solárních kolektorů:

$$\eta = \frac{Q_{C,rok,SK} - P_{rok}}{Q_{C,rok,SK}} = \frac{7\,771 - 2\,406}{7\,771} = \underline{0,69} \quad (3.22)$$

kde hodnoty  $Q_{C,rok,SK}$  a  $P_{rok}$  jsou z tabulky č. 3.11 ze strany 33.

Solární kolektory využije rodina během roku z 69 %. Z důvodu neuplatnění přebytečné energie, se z 31 % ročně odstaví pomocí regulační jednotky.

Tabulka č. 3.12 níže ukazuje přehled energetické bilance šesti solárních kolektorů v číselných hodnotách. Graf č. 3.1 níže ukázkově znázorňuje bez přebytečnou energii, který bude skutečně využita k přípravě TV. Graf č. 3.2 níže vykresluje maximální možný energetický zisk 6 kolektorů, v případě, že se najde jejich uplatnění v budoucnu.

#### 4. Technické vyhodnocení provozu

V této kapitole uvádím přehledný výpis všech potřebných součástí, zařízení, armatur a potrubí důležité pro správnou funkci s množstvím jednotlivých položek. Stanovím zde délku potrubního vedení a velikost expanzní nádrže. Cenu za jednotlivé části a služby rozepisuji v kapitole 4. Některé z nich jsem již uvedl v kapitole 2 a názorně je zakresleno v schématickém řešení. To jsou hlavně ty členy, na které se později nevztahují žádné výpočetní metody.

##### 4.1 Stanovení délky teplotnosného vedení

Celková délka topné větve a zpátečky teplotnosného vedení je 42 metrů.

Výpočet objemu v solárním potrubí:

$$V_{\text{potrubí}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{trubky}}^2}{4} \cdot L = \frac{\pi \cdot 0,022^2}{4} \cdot 42 = \underline{0,016 \text{ m}^3} = \underline{16 \text{ l}} \quad (4.0)$$

kde  $d_{\text{trubky}}$  je z přílohy 3 (KPG1-ALC – TECHNICKÝ LIST) na konci bakalářské práce a  $L$  je 42 metrů určeno z měřením.

Výpočet celkového objemu v soustavě:

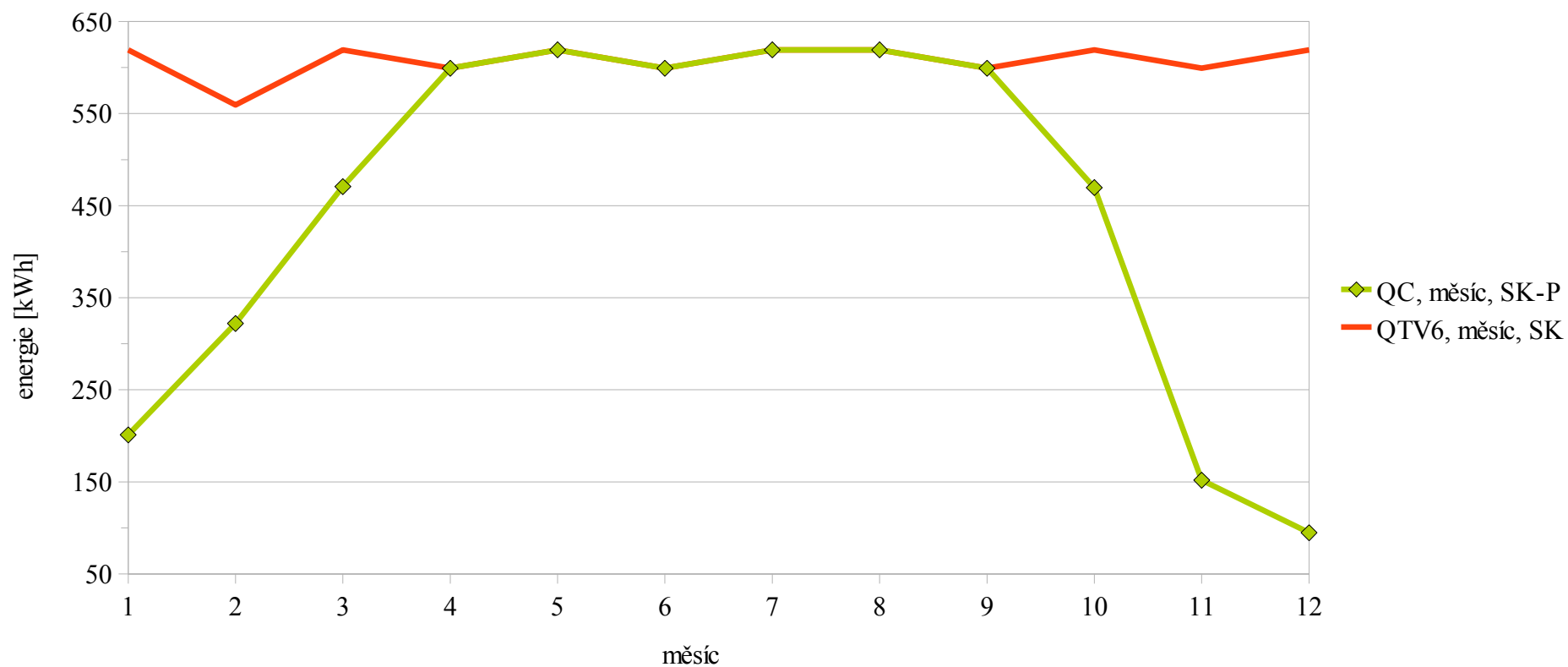
$$V_{\text{kapaliny}} = V_{\text{potrubí}} + V_{\text{hh}} + V_{\text{dh}} + 6 \cdot V_{\text{kolektoru}} = 16 + 6,4 + 8,6 + 6 \cdot 1,7 = \underline{41 \text{ l}} \quad (4.1)$$

kde  $V_{\text{hh}}$ ,  $V_{\text{dh}}$ , a  $V_{\text{kolektoru}}$  jsou hodnoty jsou z přílohy č. 3 (KPG1-ALC – TECHNICKÝ LIST) na konci bakalářské práce.

měsíc	počet dní	teplota okolí	střední ozáření	skutečná energie pro TV	účinnost kolektoru	měrný tepelný zisk kolektoru	vyrobená energie	energie bez přebytků
$n_{\text{měsíc}}$	$n_{\text{dní}}$	$t_o$	$I$	$Q_{\text{TV6, měsíc, SK}}$	$\eta$	$Q_{\text{K, měsíc, SK}}$	$Q_{\text{C, měsíc, SK}}$	$Q_{\text{C, měsíc, SK-P}}$
[měsíc]	[d]	[°C]	[W · m <sup>2</sup> ]	[kWh · měsíc <sup>-1</sup> ]	[1]	[kWh · m <sup>2</sup> · měsíc <sup>-1</sup> ]	[kWh · měsíc <sup>-1</sup> ]	[kWh · měsíc <sup>-1</sup> ]
leden	31	-0,3	449	619	0,45	14	201	201
únor	28	1,4	520	559	0,51	22	322	322
březen	31	3,8	545	619	0,54	33	471	471
duben	30	8,5	533	599	0,57	47	676	599
květen	31	14	515	619	0,61	72	1 034	619
červen	30	18,4	519	599	0,65	74	1 063	599
červenec	31	20,3	515	619	0,66	91	1 308	619
srpen	31	22,6	533	619	0,68	86	1 234	619
září	30	13,5	545	599	0,62	52	745	599
říjen	31	7,2	520	619	0,56	33	470	470
listopad	30	4,6	449	599	0,50	11	152	152
prosinec	31	-0,5	382	619	0,39	7	95	95
$\Sigma$	365			7 290		541	7 771	5 365

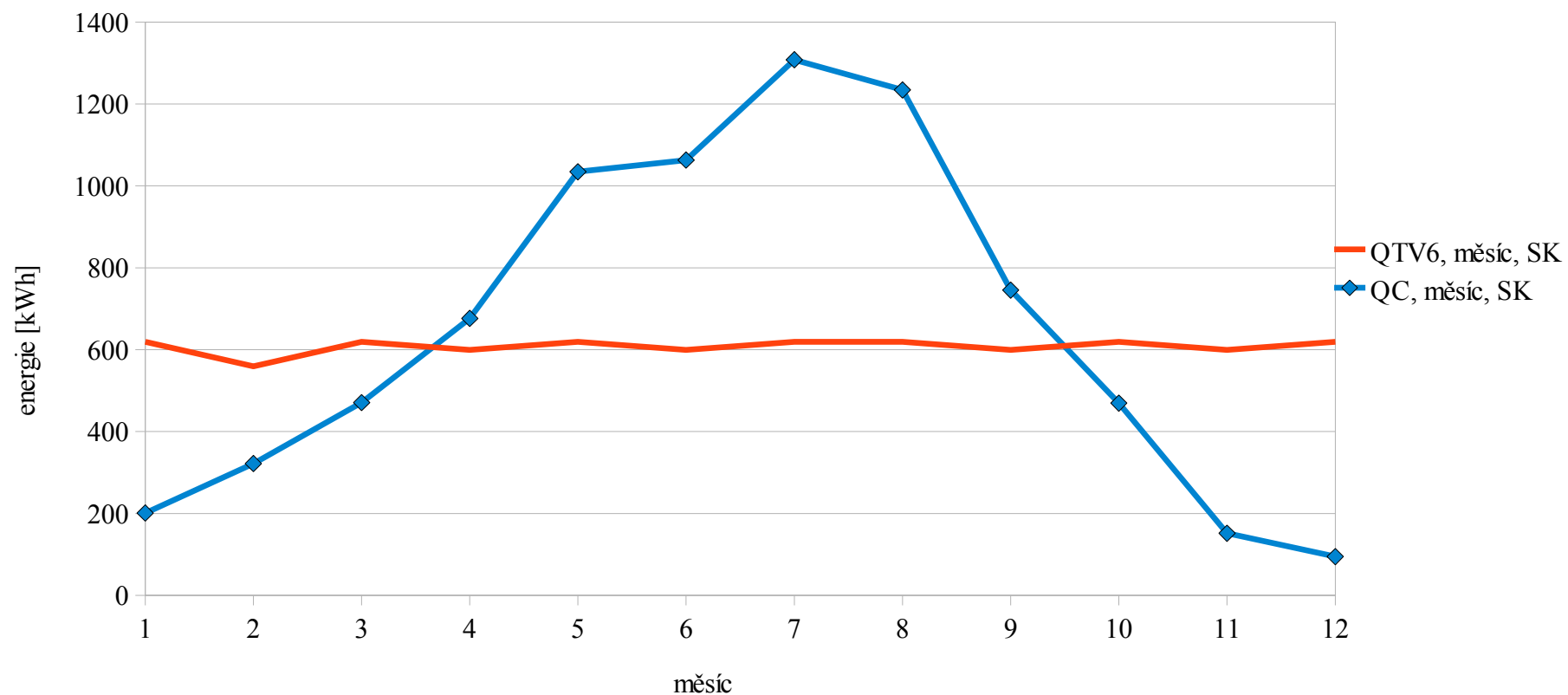
Tabulka č. 3.12: Přehled výsledných hodnot a zisků ze 6 kolektorů KPGI-ALC

### Skutečná energie pro potřebu ohřevu vody



Graf č. 3.1: Využitá solární energie během roku pro potřebu pokrytí spotřeby teplé vody v rodinném domě

## Vyrobené množství energie 6 solárními kolektory



Graf č. 3.2: Maximální možná výroba solární energie během roku s možností využití přebytečného tepla

#### 4.2 Výběr magnéziové nebo elektronické anody

Pro solární zásobník typu R2GC 300/SOL2 je podle parametrů možné si koupit elektronickou anodu nebo pokračovat ve výměnách magnéziové zhruba 1 x za dva roky. Tabulka č. 4.13 níže znázorňuje předpoklady pro volbu anod.

	magnéziová anoda	elektronická anoda
Cena pořizovací + příslušenství s DPH	v ceně zásobníku	4 049,52 Kč
Kontrola	1 x za 12 měsíců	1x za 3 měsíce
Výměna	1 x 2 roky	(dle životnosti)
Cena (za výměnu)	708,00 Kč	3 984,00 Kč
Za dobu 12 let životnosti zásobníku	8 496,00 Kč	-
Příkon	-	2,5 W

Tabulka č. 4.13: Porovnání magnéziové a elektronické anody

Pozn.: Ceny jsou vztažené na 20 % DPH.

S ohledem na komfortnost rodiny a financování, volím elektronickou anodu.

#### 4.3 Velikost expanzní nádrže

Velikost expanzní nádoby stanovují podle výrobce [21]. Tedy na velikost 6 kolektorů je objem nádoby 60 litrů.

#### 4.4 Zvolení počtu kotevních háků

S ohledem na 6 solárních kolektorů, které jsou řazeny paralelně, uvádí výrobce počet potřebných kotevních háků s 3 kolektory na 8 háků. V podkapitole 2.1.2 na straně 26 jsem zvolil navýšení 1 kotevního háku na 1 kolektor, z důvodu možného zatížení během zimních měsíců sněhem. Celkový počet háků je 22.

#### 4.5 Přehledný výpis prvků k montáži solární soustavy

Tabulka č. 4.14 níže vypisuje všechny potřebné položky, které poslouží k nákupu částí soustavy. Zbylé části, které budou vloženy k činnosti provozu jsou pořízeny mimo projekci samotnou rodinou nebo jsou zbylými částmi po předchozím využívání. Do výpisu a nákupu nejsou přiřazeny. Jsou však znázorněny na schématu zapojení. Jedná se především o oběhové čerpadlo na kotli a různé armatury.

materiál k sestavě	počet
Solární kolektor KPG1, čiré sklo, 1 170 x 2 150 x 83, 4x Cu 22mm	6
Zásobník 300 l, 2xhad, dvoutrubková čerp.sk., reg. SRS3	1
Expanzní nádoba 60 l - R8 , 6 bar solar	1
Elektronická anoda + příslušenství	1
Izolace pr.22-13 mm tloušťka izolace-metráž (42 metrů)	42
Cu – trubky SUPERSAN 22x1 (42 metrů) + výhybky	42 + 6
Odvzdušovací ventil 3/8“ připojení spodní - pro solární s.	2
Kulový kohout solární 3/8“ M/F	1
Separátor vzduchu EL43 bez odvzduš.v. - 3/4“	1
Ventil třicestný směšovací 3/4“ vnitřní	1
Solarten Super – (solární kapalina) 2x25 litrů	2
Topné těleso 2 kW s ovládáním a HDO, 3f, G6/4“ - nahr.11787	1
Sady upevňovací a propojovací	
Sada pro upevnění a propojení 3 kolektorů KPG1	2
Střešní háky pro vlnité tašky – pozink	22
Sada připojovacích dílů pro pole KPG1	2

*Tabulka č. 4.14: Počet jednotlivých položek k soustavě*

#### 4.6 Životnosti hlavních částí solárního systému

Tabulka č. 4.15 níže znázorňuje některé hlavní prvky, se kterými budu v následující podkapitole 5.2 počítat roční provozní náklady. Zobrazuje také maximální trvanlivost firmou Regulus s r.o. při zaručení správného provozu a údržby.

	doba životnosti
solární kolektory KPG1 – ALC	25 let
expanzní nádrž	8 – 10 let
zásobník 300 l, 2xhad, vč.izol.	do 12 let*
oběhové čerpadlo WILO	7 – 10 let
výměna solární kapaliny SOLARTEN	do 10 let
* závisí na vodě a výměně anody (pokud není elektronická)	

*Tabulka č. 4.15: Přehled životností hlavních částí solárního systému*

#### 5. Ekonomické vyhodnocení provozu

V této kapitole se věnuji ekonomickým přínosem solární soustavy k ohřevu vody. Ekonomický přínos člením na několik částí. V první podkapitole se zaměřím na úsporu paliv, jinak vynaložené na ohřev vody. Zde předpokládám mírný pokles spalovaného paliva (brikety) s tím, že se především jedná o středně výhřevnou hmotu. Úspora bude také záležet na množství vyrobené energie ze Slunce a snížení služeb za dopravu paliv, které je také součástí podkapitoly. V další podkapitole následně s ročním provozem soustavy,

zejména odběr elektrické energie, revize a údržby a v závěrečných podkapitolách celkovou kalkulaci za nákup materiálu a služeb spojených s návrhem a montáží. Závěrem je doba návratnosti, kde se zaměřím na 4 % ročním růstu cen a služeb bez inflace a změny DPH.

### 5.1 Úspora paliva a služeb při provozu solární soustavy

Rodina nejčastěji topí v kotli palivovým dřevem (směs dub, buk) a briketami, podle svých potřeb. S ohledem na fakt, že neznám přesný poměr dřeva a briket. Počítám každé palivo zvlášť jako by bylo využíváno přednostně celoročně. K nákupu, dovozu a vyložení dřevních paliv využívají firmu Ekoterm Silesia v Třinci. V dalších početních operacích použiji tabulek ceníků a služeb jednotlivých produktů, ze stránek této firmy. Tabulka č. 5.16 níže pro výhřevnost. Tabulka č. 5.17 také níže pro ceník paliv. Ve výpočtech uvažuji vždy se středními hodnotami výhřevností jednotlivých paliv. Kotel na dřevní palivo má účinnost spalování v rozmezí 78 ÷ 82 %. K výpočetním postupům volím střední hodnotu 80 %. Výsledné peněžní hodnoty, pokud není jinak uvedeno, jsou v 20 % DPH.

	rozměr
výhřevnost briket:	18,5–19 MJ · kg <sup>-1</sup> (5,1-5,3 kWh)
výhřevnost buk	12,5 MJ · kg <sup>-1</sup> (3,5 kWh)
výhřevnost dub	13,2 MJ · kg <sup>-1</sup> (3,7 kWh)
výhřevnost buk, dub	12,85 MJ · kg <sup>-1</sup> (3,6 kWh)

Tabulka č. 5.16: Výhřevnost paliv využívané rodinou [22, 23]

palivo	hmotnost	cena
Brikety tvrdé dřevo (buk, dub, jasan) plné	1 t	5 200 Kč
	10 kg	55 Kč
Palivové dřevo tvrdé polosuché (směs buk, dub)		
	1,8 m <sup>3</sup>	2 990 Kč
služba	vzdálenost	cena
1 až 6 palet IVEKO (s nak. rukou.)	1 Km	25 Kč
Složení 1 palety		100 Kč

Tabulka č. 5.17: Základní údaje a cenách paliv a služeb firmy Ekoterm Silesia

[Ceník pro 1. polovinu 2012]

Výpočet úspory paliva (pro brikety) za měsíc leden:

$$\eta = \frac{Q_{C, \text{leden}, \text{SK-P}}}{m_{\text{pal.}, \text{leden}} \cdot Q_i} \Rightarrow m_{\text{pal.}, \text{leden}} = \frac{Q_{C, \text{leden}, \text{SK-P}}}{\eta \cdot Q_i} = \frac{201}{0,8 \cdot 5,2} = \underline{\underline{48 \text{ kg} \cdot \text{leden}^{-1}}} \quad (5.0)$$

kde  $Q_{C, \text{leden}, \text{SK-P}}$  je z tabulky č. 3.12 ze strany 35, účinnost kotle DAKON  $\eta$  je 80 % udán výrobcem, kterou využívá rodina a  $Q_i$  je z tabulky 5.16 výše této stránky.



měsíc	uspořená energie	uspořené palivo	
$n_{\text{měsíc}}$	$Q_{C, \text{měsíc, SK-P}}$	brikety	buk, dub
[měsíc]	[kWh · měsíc <sup>-1</sup> ]	[kg · měsíc <sup>-1</sup> ]	[kg · měsíc <sup>-1</sup> ]
leden	201	48	70
únor	322	77	112
březen	471	113	163
duben	599	144	208
květen	619	149	215
červen	599	144	208
červenec	619	149	215
srpen	619	149	215
září	599	144	208
říjen	470	113	163
listopad	152	36	53
prosinec	95	23	33
$\Sigma$	5 365	1 290	1 863

Tabulka č. 5.18: Přehled uspořené paliv za 1. rok provozu

Tabulka č. 5.18 výše ukazuje úspora jednotlivých paliv během roku. K dalšímu výpočtu využívám vzdálenosti pro náklady spojené s dopravou. Z firmy Ekoterm Silesia z Třince do místa rodinného domu na okraji Ostravy, která je zhruba 43,7 km.

Výpočet celkové cenové úspory paliva (pro brikety):

$$N_{\text{pal.,rok}} = C_{\text{palety}} \cdot n_{\text{paleta}} + C_{\text{brikety}} \cdot \frac{m_{\text{pal.,rok,zb}}}{m_{10\text{kg}}} = 5\,200 \cdot 1 + 55 \cdot \frac{290}{10} = \underline{6\,795 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}} \quad (5.1)$$

kde  $C_{\text{palety}}$  je z tabulky 5.17 ze strany 40,  $n_{\text{paleta}}$  je 1 a udává počet palet na 1 tunu materiálu,  $C_{\text{brikety}}$  je z tabulky 5.17 ze strany 40,  $m_{\text{pal.,rok,zb}}$  je 290 kg a je to potřeba paliva do hodnoty  $m_{\text{pal}} = 1\,290 \text{ kg}$ ,  $m_{10\text{kg}}$  je 10 kg a ta se vztahuje na cenu 55 Kč za 10 kg briket.

Určení počtu palet na vykládku paliva (pro brikety):

$$n_{\text{palet}} = \frac{m_{\text{pal.,rok}}}{m_{\text{palety}}} = \frac{1\,290}{1\,000} = \underline{1,3 = 2 \text{ palety}} \quad (5.2)$$

kde  $m_{\text{pal.,rok}}$  je z tabulky 5.18 této stránky,  $m_{\text{palety}}$  je z tabulky č. 5.17 ze strany 40.

Výpočet úspory nákladů za dopravu paliva (pro brikety) a vykládku:

$$N_{\text{doprava,rok}} = C_{\text{doprava}} \cdot L_{\text{Třinec-Ostrava}} + n_{\text{palet}} \cdot C_{\text{palety}} = 25 \cdot 43,7 + 2 \cdot 100 = \underline{1\,293 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}} \quad (5.3)$$

kde  $C_{\text{doprava}}$  je z tabulky č. 5.17 ze strany 40,  $L_{\text{Třinec-Ostrava}}$  je vzdálenost určena firmou účtující si částku za odvoz paliva a  $C_{\text{palety}}$  je z tabulky č. 5.17 na straně 40.

Pozn.: u palivového dřeva je přepočten podle [22] hmotnosti dřeva na prostorový skládaný metr  $565 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  pro dub a pro buk  $585 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Opět počítám se střední hodnotou.

Celková úspora nákladů za palivo:

$$N_{\text{celk.,rok}} = N_{\text{pal.,rok}} + N_{\text{doprava,rok}} = 6\,795 + 1\,293 = \underline{8\,088 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}} \quad (5.4)$$

kde  $N_{\text{pal.,rok}}$  je vypočtena z rovnice 5.1 na straně 41 a  $N_{\text{doprava,rok}}$  je vypočtena z rovnice 5.3 na straně 41.

Tabulka č. 5.19 níže znázorňuje výsledné celkové úspory dvou nejpoužívanějších paliv.

palivo	uspořené náklady [ $\text{Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$ ]		
	palivo	doprava	celkem
brikety	6 795	1 293	8 088
buk, dub	5 980	1 293	7 273

Tabulka č. 5.19: Výsledná úspora po ročním provozu solárních kolektorů

## 5.2 Výpočet ročních provozních a investičních nákladů

Rodina spotřebovává elektřinu od společnosti ČEZ a.s. s distribuční sazbou C02d, pro kategorii Domácnost s produktovou řadou Comfort [Ceník pro rok 2012]. Pro spotřebu elektřiny cirkulačním čerpadlem uvažuji 5 % z energie vyrobené solárními kolektory. Do spotřeby elektrické energie z důvodu malých příkonů nebo nepravidelném odběru elektřiny, nezapočítávám regulační jednotku s příkonem 1,5 W, elektronickou anodu s příkonem 2,5 W a elektrickou spirálu s příkonem 2 kW.

Výpočet ceny elektřiny na 1 MWh spotřeby:

$$C_{\text{elektřiny}} = C_{\text{d,VT}} + C_{\text{SS}} + C_{\text{PVE}} + C_{\text{OTE}} + C_{\text{o,VT}} + D_{\text{elektřiny}}$$

$$C_{\text{elektřiny}} = 1\,891,74 + 144 + 419,22 + 6,75 + 1\,535,00 + 28,30 = \underline{4\,025,01 \text{ Kč} \cdot \text{MWh}^{-1}} \quad (5.5)$$

kde  $C_{\text{d,VT}}$ ,  $C_{\text{SS}}$ ,  $C_{\text{PVE}}$ ,  $C_{\text{OTE}}$ ,  $C_{\text{o,VT}}$  a  $D_{\text{elektřiny}}$  jsou poplatky za elektřinu z přílohy č. 6 (CENÍK ELEKTRINY SKUPINY ČEZ).

Výpočet roční spotřeby elektřiny oběhovým čerpadlem:

$$SP_{\text{OČ}} = \frac{5}{100} \cdot Q_{\text{C,SK-P}} = \frac{5}{100} \cdot 5\,365 = \underline{268 \text{ kWh} \cdot \text{rok}^{-1}} = \underline{0,268 \text{ MWh} \cdot \text{rok}^{-1}} \quad (5.6)$$

kde 5 znázorňuje mnou zvolený předpoklad 5% spotřeby elektrické energie při provozu.

Výpočet ročních nákladů spotřeby elektřiny oběhovým čerpadlem:

$$N_{\text{elektřiny}} = SP_{\text{OČ}} \cdot C_{\text{elektřiny}} = 0,268 \cdot 4\,025,01 = \underline{1\,079,71 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}} \quad (5.7)$$

kde  $SP_{\text{OČ}}$  je vypočtena z rovnice 5.6 na straně 42 a  $C_{\text{elektřiny}}$  je z rovnice 5.5 ze stránky 42.

Výpočet provozních nákladů za 1. rok provozu:

$$\begin{aligned} N_{\text{provoz}} &= N_{\text{elktřina}} + N_{\text{revize}} + N_{\text{montáž}} + N_{\text{výměna}} \\ N_{\text{provoz}} &= 1\,079,71 + 0 + 0 + 0 = \underline{1\,079,71 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}} \end{aligned} \quad (5.8)$$

kde  $N_{\text{elktřiny}}$  je vypočtená z rovnice 5.7 na straně 42.

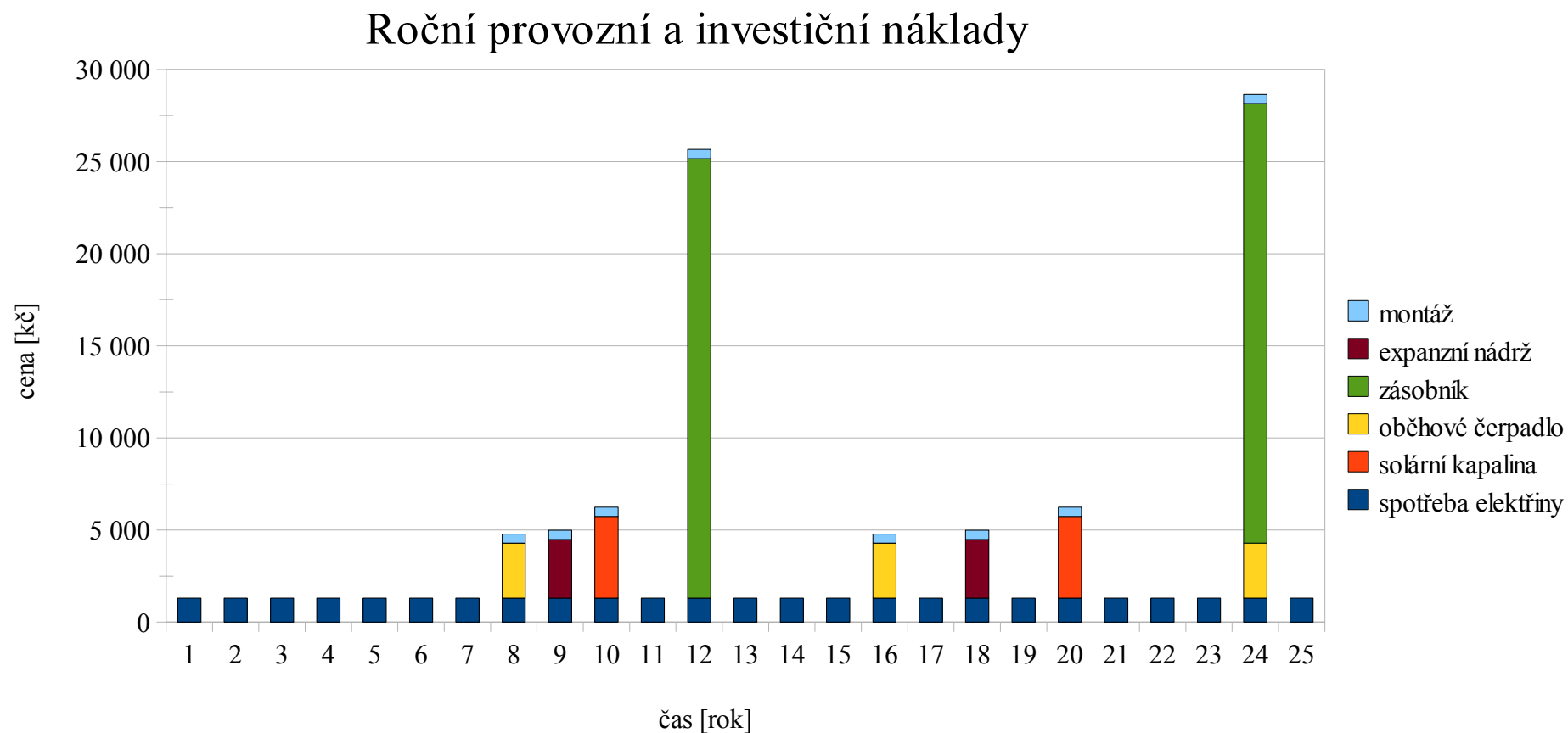
Pozn.: Roční údržbu (revizi) si zajišťuje rodina sama. Náklady za výměnu a montáž je v 1. roce nulová. V pozdějších letech se mění.

Navýšení o 20 % DPH spotřeby elektrické energie:

$$N_{\text{provoz}} = 1 + \frac{\text{DPH}}{100} = 1 + \frac{20}{100} = \underline{1\,295,65 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}} \quad (5.9)$$

Graf č. 5.3 níže ukazuje investice a provoz soustavy během životností některých částí soustavy, vztažené na maximální dobu provozu solárních kolektorů. V 25. roce není znázorněn jejich nový nákup, neboť může dojít k poklesu spotřeby TV (např.: úmrtím člena rodiny, atp.) nebo se domácnost rozhodne dále již nepodporovat tento způsob. V případě úbytku počtu členů se vyhotoví nová projekce. V opačném případě, ale nemusí dojít k plnému navrácení vstupních investicí. Jestli se v tomto období již navrátí vložené investice určují až v podkapitole 5.5.

Z důvodu záruky a odborné znalosti uvažují, že instalaci nových zařízení a solární kapaliny zajistí školená firma, která si za montáž zaúčtuje určitou částku (např. 500 Kč).



Graf č. 5.3: Přehled ročních investicí za dobu životnosti 6 solárních kolektorů

### 5.3 Investiční náklady za pořízení solární soustavy

materiál k sestavě	cena [Kč]
Solární kolektor KPG1, čiré sklo, 1 170 x 2 150 x 83, 4x Cu 22mm	93 528,00
Zásobník 300 l, 2xhad, dvoutrubková čerp.sk., reg. SRS3	41 988,00
Expanzní nádoba 60 l- R8 , 6 bar solar	3 192,00
Elektronická anoda + příslušenství	4 049,52
Izolace pr.22-13 mm tloušťka izolace-metráž (42 metrů)	3 376,80
Cu – trubky SUPERSAN 22x1 + výhybky (42 metrů)	8 467,20
Odvzdušovací ventil 3/8“ připojení spodní - pro solární s.	682,80
Kulový kohout solární 3/8“ M/F	312,00
Separátor vzduchu EL43 bez odvzduš.v. - 3/4“	683,00
Ventil třicestný směšovací 3/4“ vnitřní	954,00
Solarten Super – (solární kapalina) 2x25 litrů	4 440,00
Topné těleso 2 kW s ovládáním a HDO, 3f, G6/4“ - nahr.11787	5 268,00
Sada pro upevnění a propojení 3 kolektorů KPG1	8 784,00
Střešní háky pro vlnité tašky – pozink	6 864,00
Sada připojovacích dílů pro pole KPG1	1 632,00
Montáž	1 000,00
Projekce	2 000,00
Celkem	187 221

Tabulka č. 5.20: Celkové konečné investice k solární soustavě

Pozn.: Výsledné hodnoty jsou uváděné s 20 % DPH a jsou aktuální pro rok 2012.

### 5.4 Dotace od státu na podporu obnovitelných zdrojů pro ohřev teplé vody

Návrh na dotace Zelená úsporám byl zaslán na státní fond životního prostředí ČR ke kontrole před pozastavením čerpání financí z fondů. Nyní se čeká na odpověď ze strany státního fondu a možnost čerpat. Do svých výpočtů před realizací předpokládám maximální výši dotace od státu na solární kolektory 55 000 Kč + projekt ve výši 5 000 Kč.

### 5.5 Doba návratnosti vložených investic solárními kolektory

Výpočet prosté návratnosti (pro brikety) za 1. rok provozu:

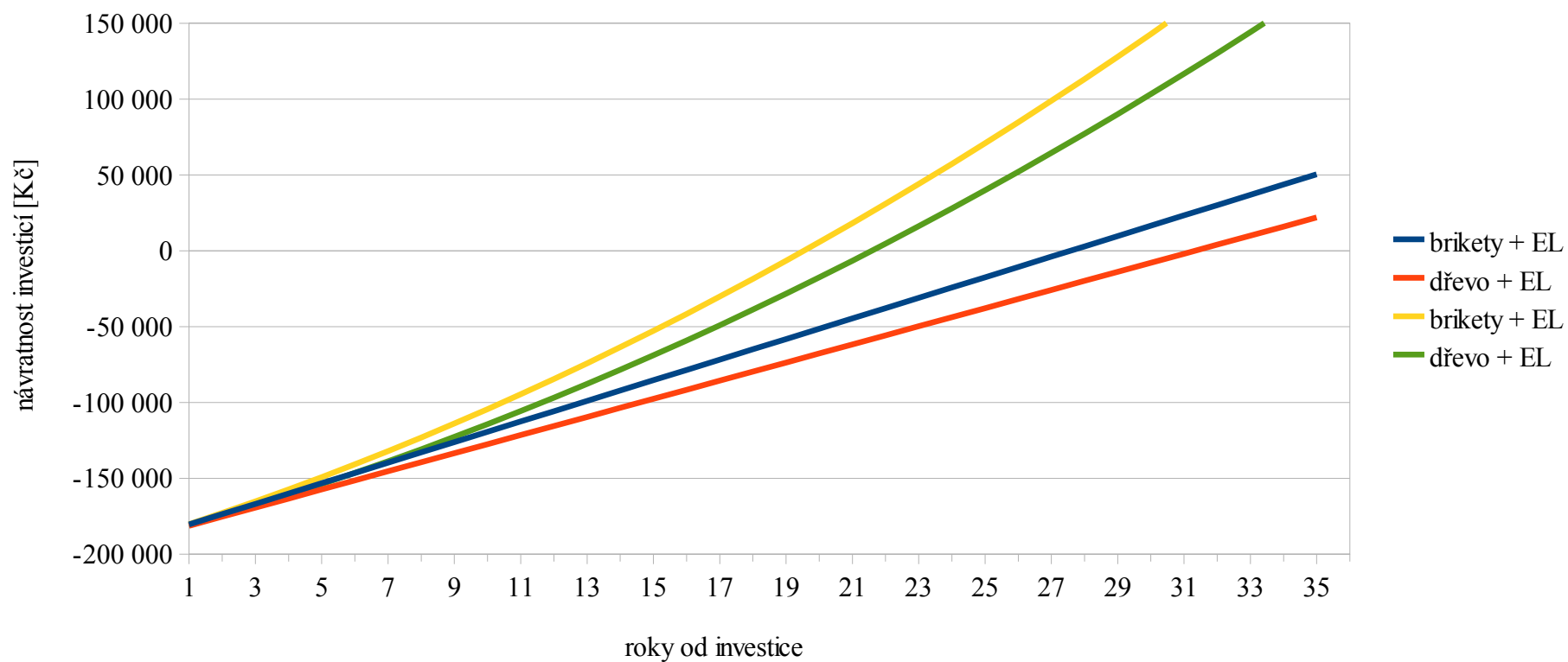
$$PN_{\text{brikety}} = \frac{N_{\text{solar}} + N_{\text{provoz}}}{N_{\text{celk., rok}}} = \frac{187\,221 + 1\,296}{8\,088} = \underline{\underline{23 \text{ let a } 3 \text{ měsíce}}} \quad (5.10)$$

kde  $N_{\text{solar}}$  je z tabulky 5.20 na straně 48,  $N_{\text{provoz}}$  je z rovnice 5.9 na straně 43 a  $N_{\text{celk., rok}}$  je z rovnice 5.4 ze strany 42.

Výpočet návratnosti za 1. rok provozu s předpokladem ročního růstu paliv a služeb o 4 %

$$PN_{\text{brikety}} = \frac{N_{\text{solar}} + N_{\text{provoz}} \cdot 1,04}{N_{\text{celk., rok}} \cdot 1,04} = \frac{187\,221 + 1\,296 \cdot 1,04}{8\,088 \cdot 1,04} = \underline{\underline{22 \text{ let a } 5 \text{ měsíců}}} \quad (5.11)$$

### Doba návratnosti prostá a růstová 4% (bez dotace)



Graf č. 5.4: Návratnosti investicí vývojem růstu cen a služeb energií

Graf č. 5.4 výše ukazuje možný 4 % vývoj růstu cen a služeb. Pokud budu brát tento pravidelný růst, vrátí se rodině vynaložené investice s určitostí před 25. rokem, a navíc s úsporou do 50 000 Kč. Bez nárůstu cen se investice vrátí do 30 let. Proto je vhodné, aby solární systém byl také dotován, ať už ze strany státu nebo jiných finančních zdrojů. Doba návratu investic se tak zkrátí.

## 6. Enviromentální vyhodnocení provozu

V této části se zaměřím na úbytku znečišťujících látek vlivem provozu solární soustavy. Mezi znečišťující látky se jedná hlavně o TZL, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO a organické látky. Výpočet stanovím pomocí emisních faktorů z vyhlášky č.205/2009 příloha č. 2 této vyhlášky. Mimo úbytek emisí vlivem snížené spotřeby dřeva, jsou navíc do systému zapojeny zařízení spotřebovávající elektrickou energii. Mezi ně patří oběhové čerpadlo, regulační jednotka, elektronická anoda a elektrická spirála. Poslední tři jmenované do výpočtu neuvádím.

### 6.1 Výpočet ročního uspořené množství emisí během provozu solární soustavy

Množství TZL (pro brikety):

$$E_{z, TZL} = E_{f, TZL} \cdot M_{brikety} = 5,2 \cdot 1,290 = \underline{\underline{6,7 \text{ kg}_{TZL} \cdot \text{rok}^{-1}}} \quad (6.0)$$

Množství SO<sub>2</sub>:

$$E_{z, SO_2} = E_{f, SO_2} \cdot M_{brikety} = 1,0 \cdot 1,290 = \underline{\underline{1,3 \text{ kg}_{SO_2} \cdot \text{rok}^{-1}}} \quad (6.1)$$

Množství NO<sub>x</sub>:

$$E_{z, NO_x} = E_{f, NO_x} \cdot M_{brikety} = 0,7 \cdot 1,290 = \underline{\underline{0,9 \text{ kg}_{NO_x} \cdot \text{rok}^{-1}}} \quad (6.2)$$

Množství CO:

$$E_{z, CO} = E_{f, CO} \cdot M_{brikety} = 1,0 \cdot 1,290 = \underline{\underline{1,3 \text{ kg}_{CO} \cdot \text{rok}^{-1}}} \quad (6.3)$$

Množství organických látek:

$$E_{z, OL} = E_{f, OL} \cdot M_{brikety} = 0,89 \cdot 1,290 = \underline{\underline{1,1 \text{ kg}_{OL} \cdot \text{rok}^{-1}}} \quad (6.4)$$

kde hodnoty emisních faktorů  $E_f$  [kg · t<sup>-1</sup>] jednotlivých znečišťujících látek emisí jsou z přílohy č. 7 a  $M_{brikety}$  je z tabulky č. 5.18 na straně 41.

Tabulka č. 6.21 níže přehledně ukazuje hlavní znečišťující látky uspořené solárním systémem.

znečišťující látka	emisní faktor	brikety	dřevo
	[kg · t <sup>-1</sup> ]	[kg · rok <sup>-1</sup> ]	[kg · rok <sup>-1</sup> ]
TZL	5,20	6,7	9,7
SO <sub>2</sub>	1,00	1,3	1,9
NO <sub>x</sub>	0,70	0,9	1,3
CO	1,00	1,3	1,9
Organická látka	0,89	1,1	1,7

Tabulka č. 6.21: Pokles znečišťujících látek po 1. roce provozu solární soustavy

Pozn.: Do výpočtu není zahrnuto CO<sub>2</sub>, neboť dřevo (biomasa) má tzv. nulovou bilanci.

### 6.2 Výpočet ročního navýšeného množství emisí oběhovým čerpadlem ve veřejné síti

Spotřeba elektrické energie oběhového čerpadla činí 268 kWh · rok<sup>-1</sup>, zjištěné v rovnici 5.6 na straně 42. Tabulka č. 6.22 níže udává celkový nárůst znečištění vypouštěné zdrojů vyrábějící elektrickou energií.

Přepočet spotřeby elektrické energie z kWh na GJ:

$$SP_{oc}' = SP_{oc} \cdot \tau = 268 \cdot 3\,600 = 964\,800 \text{ kJ} = \underline{0,97 \text{ GJ} \cdot \text{rok}^{-1}} \quad (6.5)$$

kde  $SP_{oc}$  je z rovnice 5.6 na straně 42 a  $\tau$  je čas 3 600 s · h<sup>-1</sup>.

znečišťující látka	emisní faktor	oběhové čerpadlo	palivo
	[kg · GJ <sup>-1</sup> ]	[GJ · rok <sup>-1</sup> ]	[kg · rok <sup>-1</sup> ]
TZL	0,03	0,97	0,03
SO <sub>2</sub>	0,49		0,47
NO <sub>x</sub>	0,42		0,40
CO	0,04		0,04
Organická látka	0,03		0,03
CO <sub>2</sub>	325,00		313,85

Tabulka č. 6.22: Nárůst znečišťujících látek po 1. roce napojení na veřejnou síť

### 6.3 Nakládání s odpady po skončení životnosti prvků solární soustavy

Pokud se rodina rozhodne již dále nespoléhat na solární soustavu, bude si muset obstarat likvidaci některých částí, zejména solární kapaliny nebo kolektorů sama za úplatu. Obecně je likvidace zajišťována firmou, která provádí výměnu.



## 7. Závěr

Z energetických výsledků vyplývá, že pro rodinu se za daných předpokladů, které jsou výše uvedeny, dá výhodně kombinovat kotel na dřevo se solární soustavou. Díky výhodnému 60° sklonu, pokryjí solární kolektory přípravu teplé vody ze 72 %. Pokud vezmeme v úvahu ekonomickou stránku, tak náklady jenom za brikety by stály v 1. roce bez solárního systému na přípravu teplé vody 10 631 Kč a jenom za palivové dřevo 10 263 Kč. Toto pokrytí ovšem výrazně sníží množství skladovaného palivového dřeva a briket až o 74 % a uspoří tak v rozmezí 71 ÷ 74 % nákladů spojené s nákupem a dopravou paliva. Skutečná hodnota se může pohybovat někde mezi těmito ciframi. I když je úspora značná u jednotlivých paliv, jak využití pouze briket, tak pouze palivového dřeva, nemusí se vložené investice vrátit do vypršení životnosti 6 solárních kolektorů, které tvoří největší investici. Ekonomická návratnost je velmi závislá na růstu cenách obou paliv, které jsou pro kupující stále příznivé a také na státní nebo jiné dotaci. K závěru lze konstatovat, že je sice ekonomická návratnost solárního systému velmi závislá na dotacích a růstu cen paliv, ale na druhou stranu přináší i individuální užitek již zmíněné úspore prostoru na skladování, není vždy nutné dohřívat během léta zásobník kotlem nebo elektrickým topným tělesem nebo v neposlední řadě minimální údržba na provoz s občasnými vizuálními kontrolami (elektronická anoda, regulační jednotka).

## 8. Seznam použité literatury

### **Použitá literatura**

- [1] BERANOVSKÝ, J. - TRUXA, J. a KOLEKTIV. *Alternativní energie pro váš dům*. 1. vyd. Brno: ERA group spol. s r.o, Eko WATT, 2003. 126 s. ISBN 80-86517-59-4.
- [2] CENEK, M. a KOLEKTIV. *Obnovitelné zdroje energie*. 2. uprav. a doplně. vyd. Praha: FCC PUBLIC, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9.
- [3] OGOUN, M. a KOLEKTIV. *Základy solární techniky*. 1. vyd. Praha: Technické vydavatelství Praha spol. s r.o., 2003. 60 s. ISBN 80-903261-0-2.
- [4] KAMINSKÝ, J. - VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB–TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80-7078-445-8.
- [5] CIHELKA, J. - WÁGNEROVÁ, D. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
- [6] SCHULZ, H. - CHWIEDUK, D. *Teplo ze slunce a země*. 1. čes. vydání Ostrava: HEL, 1999. 132 s. ISBN 80-86167-09-7
- [7] MATUŠKA, T. *Využití sluneční energie, solární tepelné soustavy*. Praha: ČVUT Praha, 2011. 174 s.
- [8] KADLEC, Z. *Průvodce sdílením tepla pro požární specialisty*. Ostrava: VŠB–TUO Ostrava, 2009. 100 s. ISBN 978-80-7385-061-6

### **Použitá literatura internetových odkazů**

- [9] Solární energie-info. *Využití solární energie v rámci trvale udržitelného rozvoje* [online]. Dostupné z: <[www.solarni-energie.info](http://www.solarni-energie.info)>
- [10] Český hydrometeorologický ústav [online]. <[www.chmu.cz](http://www.chmu.cz)> mapa zatížení sněhem na území ČR, mapy teplot na území ČR.
- [11] MATUŠKA, T. *Typy solárních kolektorů* [online]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/typy-solarnich-kolektoru>
- [12] GeoWeb. *Zeměpis 6* [online]. 2012. Dostupné z: <<http://www.webareal.cz/jakublanda/3-Zemepis-6/3-Vesmir-a-Slunecni-soustava>>
- [13] Solarni-ohrev.biz. *Solární ohřev* [online], *Solární energie* [online] a *Solární systémy* [online]. 2012. Dostupné z: <<http://www.solarni-ohrev.biz/>>
- [14] BERANOVSKÝ, J. - KAŠPAROVÁ, M. - MACHOLDA, F. - SRDEČNÝ, K. TRUXA, J. *Energie slunce - sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu* [online]. 2007. Dostupné z: <<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce-slunecni-teplo-ohrev-vody-a-vzduchu>>
- [15] Atlas podnebí [online]. <<http://old.chmi.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html>> mapy teplot na území ČR.

- [16] Českéstavby.cz. *Střešní materiál* [online]. Dostupné z :<<http://www.ceskestavby.cz/stresni-material/>>
- [17] Energetický poradce PRE. *Energie Slunce* [online]. Dostupné z: <<http://www.energetickyporadce.cz/obnovitelne-zdroje/energie-slunce.html>>
- [18] LLENTAB, spol. s r.o. *Návod - vydrží střecha sněhovou pokrývkou?* [online]. Dostupné z: <<http://www.snihnastrese.cz/vydrzi-strecha-snehovou-pokryvku/%3e/>>
- [19] Woodbank Communications Ltd. *Solar power (technology and economics)* [online]. Dostupné z: <[http://www.mpoweruk.com/solar\\_power.htm](http://www.mpoweruk.com/solar_power.htm)>
- [20] KRYŽANKOVÁ, V. *O Ostravě*. 2012. Dostupné z: <<http://www.ostrava.cz/cs/o-meste>>
- [21] Regulus s r.o. *Návod na montáž a provoz, Solární soustava s kolektory KPG1-ALC* [online]. Dostupné z: <<http://www.regulus.cz/?download=CZ/navody/navod-slunecni-kolektor-kpg1-alc-cz.pdf>>
- [22] NOVÁK, J. *Výhřevnosti paliv* [online]. Dostupné z: <<http://vytapieni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>>
- [23] EKOPALIVA Třinec. *Dřevěné brikety* [online]. 2012. Dostupné z: <<http://www.ekopaliva-trinec.cz/ekopaliva/drevene-brikety/>>
- [24] EKOPALIVA Třinec. *Ceník ekopaliv* [online]. 2012. Dostupné z: <<http://www.ekopaliva-trinec.cz/cenik-ekopaliv/>>
- [25] ČEZ s r.o. *Ceník za odběr elektrické energie* [online]. 2012 Dostupné z: <[http://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/cez\\_cz\\_ele\\_cenikmoo\\_2012\\_web.pdf](http://www.cez.cz/edee/content/file/produkty-a-sluzby/obcane-a-domacnosti/cez_cz_ele_cenikmoo_2012_web.pdf)>

## 9. Seznam příloh

- |              |   |
|--------------|---|
| Příloha č. 1 | Tabulky k výpočtům energetického přínosu lokality |
| Příloha č. 2 | VŠEOBECNÉ POKYNY PRO MONTÁŽ A PROVOZ              |
| Příloha č. 3 | KPG1-ALC – TECHNICKÝ LIST                         |
| Příloha č. 4 | Tabulka hustot látek                              |
| Příloha č. 5 | Zásobníkový ohřev vody Regulus R2GC300SOL         |
| Příloha č. 6 | CENÍK ELEKTRINY SKUPINY ČEZ                       |
| Příloha č. 7 | Emisní faktory pro znečišťující látky             |
| Příloha č. 8 | Emisní faktory pro systémovou elektřinu           |

## Seznam tabulek

- |                |   |
|----------------|---|
| Tabulka č. 1.1 | Solární okruhy s hlavními příslušenstvími |
| Tabulka č. 2.2 | Základní podmínky pro návrh               |

Tabulka č. 2.3	Souhrn základních podmínek pro dimenzování
Tabulka č. 3.4	Zadané vstupní parametry k výpočetním úkonům.
Tabulka č. 3.5	Paušální přírázky na tepelné ztráty při přípravě TV [7]
Tabulka č. 3.6	Spotřeba tepelné energie k ohřevu vody 6-ti člennou rodinou
Tabulka č. 3.7	Vstupní hodnoty pro energetické zisky z přílohy č. 1
Tabulka č. 3.8	Energetické zisky ze Slunce v jednotlivých měsících v Ostravě
Tabulka č. 3.9	Koeficienty účinnosti solárního kolektoru KPG1-ALC
Tabulka č. 3.10	Střední sluneční ozáření a účinnost kolektoru v jednotlivých měsících
Tabulka č. 3.11	Energetická bilance 6 kolektorů typu KPG1-ALC
Tabulka č. 3.12	Přehled výsledných hodnot a zisků ze 6 kolektorů KPG1-ALC
Tabulka č. 4.13	Porovnání magnéziové a elektronické anody
Tabulka č. 4.14	Počet jednotlivých položek k soustavě
Tabulka č. 4.15	Přehled životností hlavních částí solárního systému
Tabulka č. 5.16	Výhřevnost paliv využívané rodinou [22, 23]
Tabulka č. 5.17	Základní údaje a cenách paliv a služeb firmy Ekoterm Silesia
Tabulka č. 5.18	Přehled uspořené paliv za 1. rok provozu
Tabulka č. 5.19	Výsledná úspora po ročním provozu solárních kolektorů
Tabulka č. 5.20	Celkové konečné investice k solární soustavě
Tabulka č. 6.21	Pokles znečišťujících látek po 1. roce provozu solární soustavy
Tabulka č. 6.22	Nárůst znečišťujících látek po 1. roce napojení na veřejnou síť

#### Seznam obrázků

Obrázek č. 1.1	Schéma rozdělení možností využití solární energie [1]
Obrázek č. 1.2	Základní rozdělení solárních kolektorů [11]
Obrázek č. 1.3	Hlavní účel solárních kolektorů k získání tepla pro obytné domy
Obrázek č. 1.4	Využití solárních kolektorů k ohřevu vody
Obrázek č. 2.5	Schéma dvou odběrových místností TV a umístění zásobníku
Obrázek č. 2.6	Orientace rodinného domu podle světových stran

#### Seznam grafů

Graf č. 3.1	Využitá solární energie během roku pro potřebu pokrytí spotřeby teplé vody v rodinném domě
Graf č. 3.2	Maximální možná výroba solární energie během roku s možností využití přebytečného tepla
Graf č. 5.3	Přehled ročních investic za dobu životností 6 solárních kolektorů
Graf č. 5.4	Návratnosti investic vývojem růstu cen a služeb energií